

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-022834

(43)Date of publication of application : 23.01.1996

(51)Int.Cl.

H01M 8/04

H01M 8/10

(21)Application number : 06-180730

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 07.07.1994

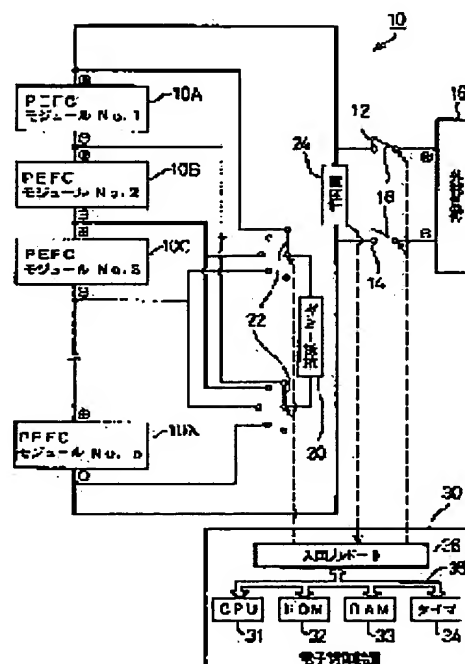
(72)Inventor : KAWAZU NARIYUKI

## (54) FUEL CELL AND ITS STARTING DEVICE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To reduce startup time by achieving early stabilization of an output voltage at startup.

CONSTITUTION: This fuel cell 10 has PEFC modules 10A-10N constructed of fuel cells and connected in series with one another, and has a dummy resistance 20 to be connected in parallel with both an external load 16 to which an electromotive force is to be supplied and each PEFC module. The fuel cell 10 selectively switches a changeover switch 22 connected to the dummy resistance 20, and selectively connects either of the PEFC modules 10A-10N to the dummy resistance 20. When an external load starting switch is turned on, the dummy resistance 20 is first connected to the PEFC module 10A by the changeover switch 22 for a predetermined time, and then connected to each PEFC module in sequence. Thus each PEFC module is repeatedly connected to the dummy resistance 20 in sequence, and thereafter connected to the external load 16 so that the electromotive force is fed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-22834

(43) 公開日 平成8年(1996)1月23日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 M 8/04	X	9444-4K		
8/10				

審査請求 未請求 請求項の数13 F D (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願平6-180730

(22) 出願日 平成6年(1994)7月7日

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 河津 成之

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

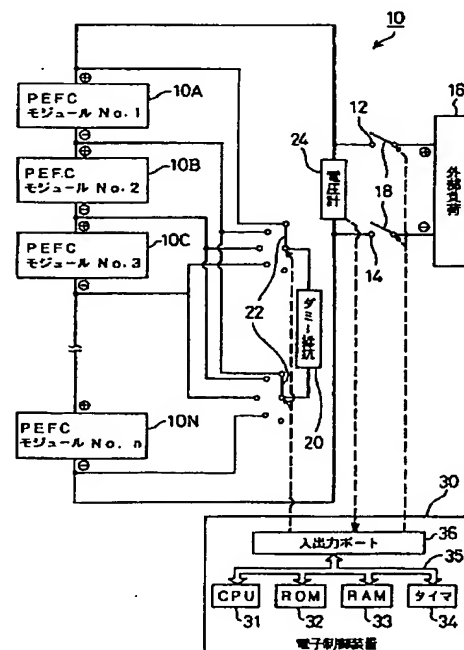
(74) 代理人 弁理士 下出 隆史 (外1名)

(54) 【発明の名称】 燃料電池とその起動装置

(57) 【要約】

【目的】 起動時の出力電圧の早期安定化を図り起動時間を短縮する。

【構成】 燃料電池10は、燃料電池セルから構成されるPEFCモジュール10A~10Nを直列に接続して備え、起電力の給電対象である外部負荷16と並列に、且つ各PEFCモジュールともそれぞれ並列にダミー抵抗20を備える。そして、燃料電池10は、ダミー抵抗20に接続された切り換えスイッチ22を選択的に切り換えて、PEFCモジュール10A~10Nのうちの一のPEFCモジュールとダミー抵抗20とを選択的に接続する。外部負荷起動スイッチがオンされると、まず、切り換えスイッチ22によりダミー抵抗20とPEFCモジュール10Aとを所定時間接続し、その後、ダミー抵抗20と各PEFCモジュールとを順次接続する。このように、ダミー抵抗20との接続を各PEFCモジュールについて順次繰り返して行ない、その後外部負荷16と接続して給電する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 対向するアノードとカソードの電極で固体高分子電解質膜を挟持し該電極に供給される燃料ガスの電気化学反応を経て起電力を呈する燃料電池を起動する起動装置であって、前記起電力の給電対象となる外部の外部負荷に接続して該外部負荷を起動する起動接続に先立って、前記電気化学反応の活性を変動させる起動時活性変動手段を備えることを特徴とする燃料電池の起動装置。

【請求項2】 請求項1記載の起動装置で起動される燃料電池であって、負荷抵抗を、前記起電力の給電対象となる外部の外部負荷と並列に備えることを特徴とする燃料電池。

【請求項3】 請求項2記載の燃料電池であって、前記負荷抵抗は、前記燃料ガスの供給管路に設けられたガス加湿機器における発熱抵抗として該ガス加湿機器に装着されている燃料電池。

【請求項4】 請求項2又は請求項3記載の燃料電池を起動する請求項1記載の起動装置であって、前記起動時活性変動手段は、前記負荷抵抗と電極との接続および開放を前記起動接続に先立って繰り返すものである燃料電池の起動装置。

【請求項5】 請求項2記載の燃料電池であって、前記負荷抵抗はその抵抗値が可変の可変負荷抵抗である燃料電池。

【請求項6】 請求項5記載の燃料電池を起動する請求項1記載の起動装置であって、前記起動時活性変動手段は、前記可変負荷抵抗と電極との接続および開放を前記起動接続に先立って繰り返すものであり、更に、前記可変負荷抵抗と前記電極との接続ごとに、前記可変負荷抵抗の抵抗値を減少する抵抗値減少変更手段を備える燃料電池の起動装置。

【請求項7】 請求項6記載の燃料電池の起動装置であって、前記起動時活性変動手段は、前記可変負荷抵抗と前記電極とが接続されている間における前記可変負荷抵抗の抵抗値を漸減する抵抗値漸減変更手段を備える燃料電池の起動装置。

【請求項8】 請求項6又は請求項7記載の燃料電池の起動装置であって、前記起動時活性変動手段は、前記外部負荷が起動された後にも継続して前記可変負荷抵抗と前記電極とを接続するものであり、更に、該継続して前記可変負荷抵抗と前記電極とが接続されている間における前記可変負荷抵抗の抵抗値を漸増する抵抗値漸増変更手段を備える燃料電池の起動装置。

【請求項9】 請求項1記載の燃料電池の起動装置であ

って、

前記起動時活性変動手段は、燃料電池に供給される燃料ガスの供給圧力を前記起動接続に先立って変動するものである燃料電池の起動装置。

【請求項10】 請求項9記載の燃料電池の起動装置であって、前記起動時活性変動手段は、前記電極に供給された燃料ガスのガス排出路における排出ガス圧力の昇圧および降圧を前記起動接続に先立って繰り返すものである燃料電池の起動装置。

【請求項11】 請求項1、請求項9又は請求項10のいずれか記載の燃料電池の起動装置であって、前記燃料電池は、対向するアノードとカソードの電極で固体高分子電解質膜を挟持した燃料電池セルの集合体を直列に複数接続して備え、該集合体ごとの各燃料電池セルの電極に供給される燃料ガスの電気化学反応を経て起電力を呈する燃料電池であり、前記起動時活性変動手段は、前記起動接続に先立つ電気化学的反応の活性の変動又は燃料ガスの供給圧力の変動若しくは前記排出ガス圧力の昇圧および降圧の繰り返しを、前記燃料電池セルの集合体ごとに行なうものである燃料電池の起動装置。

【請求項12】 請求項4、請求項6又は請求項7のいずれかに記載の燃料電池の起動装置であって、前記燃料電池は、対向するアノードとカソードの電極で固体高分子電解質膜を挟持した燃料電池セルの集合体を直列に複数接続して備え、該集合体ごとの各燃料電池セルの電極に供給される燃料ガスの電気化学反応を経て起電力を呈すると共に、該起電力の給電対象となる外部の外部負荷と並列に負荷抵抗を備える燃料電池であり、前記起動時活性変動手段は、前記起動接続に先立つ前記負荷抵抗と前記燃料電池セルの集合体との接続および開放の繰り返しを、前記燃料電池セルの集合体ごとに順次行なうものである燃料電池の起動装置。

【請求項13】 請求項10記載の燃料電池の起動装置であって、前記燃料電池は、対向するアノードとカソードの電極で固体高分子電解質膜を挟持した燃料電池セルの集合体を直列に複数接続して備え、該集合体ごとの各燃料電池セルの電極に供給される燃料ガスの電気化学反応を経て起電力を呈する燃料電池であり、前記起動時活性変動手段は、前記起動接続に先立つ前記排出ガス圧力の昇圧および降圧の繰り返しを前記燃料電池セルの集合体ごとに行なうに当たり、一の燃料電池セルの集合体についての前記排出ガス圧力の降圧と他の燃料電池セルの集合体についての前記排出ガス圧力の昇圧とを同期して行なうものである燃料電池の起動装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

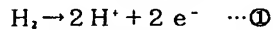
【産業上の利用分野】本発明は、対向するアノードとカ

ソードで固体高分子電解質膜を挟持し該電極に供給される燃料ガスの電気化学反応を経て起電力を呈する燃料電池と、この燃料電池を起動する起動装置に関する。

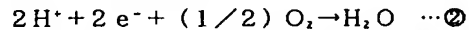
【0002】

【従来の技術】この種の燃料電池では、固体高分子電解質膜を挟持して対向するアノードとカソードのそれぞれにおいて、その極性に依じて以下に記す反応式で示される電気化学反応が進行する。

アノード（水素極）：



カソード（酸素極）：



【0003】アノードで式①の反応により生成した水素イオンは、 $\text{H}^+$ （ $\text{H}_2\text{O}$ ）の水和状態で固体高分子電解質膜（高分子イオン交換膜）を透過（拡散）し、膜を透過した水素イオンは、カソードで式②の反応に供される。この結果として、燃料電池は、起電力を呈しモータ等の外部負荷にこの起電力を給電する。

【0004】これらの反応を連続的に行なって安定した起電力を得るには、アノードに燃料ガスである水素をガス状で連続的に供給すると共に水素イオンを固体高分子電解質膜の膜中にスムーズに拡散させる必要がある。水素イオンは固体高分子電解質膜の膜中の水と結合して上記の水和状態となって固体高分子電解質膜の膜中を移動するため、アノード付近の水が不足しないように、アノード付近の固体高分子電解質膜に外部から水を補給する必要がある。アノード付近の水が不足すると、固体高分子電解質膜の膜中への水素イオンの拡散が阻害され、固体高分子電解質膜の膜中の水素イオンが不足し、カソードでの反応が妨げられるからである。よって、アノードや膜中の水分を確保するために、アノードには水素ガスを水蒸気で加湿して供給されている。

【0005】ところで、固体高分子電解質膜のイオン導電性は、膜中の含水量に依存して変化し、含水量が低ければ高くなり、膜が乾燥状態にあると、十分な含水量が確保されて膜が湿潤状態にある場合の抵抗値の数百～数千倍に達することが知られている。また、運転停止期間に固体高分子電解質膜が乾燥するような事態が起きると、燃料電池の起動時には、膜の含水量が不十分となったり当該含水量が膜において均一ではなくなる。このため、起動時に単に水蒸気を水素ガスと共に供給するだけでは、定常状態における起電力を起動当初から得ることができず、給電対象である外部負荷をその接続当初においては定格に駆動できない場合があった。このような不具合を解消する一手法として、特開昭64-655には、燃料電池起動時の開回路電圧を検出し当該検出電圧がピーク値となるまで待機し、その後外部負荷を接続することが提案されている。

【0006】なお、乾燥した燃料ガスを停止期間中に供給してしまうというように、燃料電池の運転停止期間の

ガスバージ方法が適正でない場合には、運転停止期間における固体高分子電解質膜の乾燥が顕著となることがある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記公報に提案された従来の技術では、外部負荷をその接続当初から定格で起動できるものの、次のような問題が残されている。即ち、燃料電池起動時には、固体高分子電解質膜に十分な水分が供給され当該膜が適正な湿潤状態になるまでは、水素イオンの水和状態での透過が阻害されて電気化学的反応が不安定となり燃料電池の出力電圧特性（V-I特性）が安定しない。しかも、固体高分子電解質膜における水分分布が著しく不均一であっても、具体的には膜の一部でも水分不足がある場合にも水素イオンの水和状態での透過が阻害されるので、燃料電池の出力電圧特性（V-I特性）が安定しない。このため、膜の湿潤を経て当該特性が安定するまでに長時間を要していた。

【0008】また、燃料電池は、通常、対向するアノードとカソードで固体高分子電解質膜を挟持した燃料電池セルの集合体を直列に複数接続して構成されている。そして、その一つの集合体における燃料電池セルで水分不足の状態であると、燃料電池全体としての出力電圧は当該燃料電池セルの影響を受けて不安定なままであり、やはり出力電圧が安定するまでに長時間を要していた。なお、燃料電池自体の温度が低い場合には、より長時間を要していた。

【0009】ところで、電気化学的反応が開始すれば、既述したようにカソード側においては水が生成される。よって、燃料電池の起動時において燃料電池に大きな負荷源を接続して燃料電池の負荷を深くすれば、起動時に多量の水をカソード側で生成することができる。しかし、このようにしても固体高分子電解質膜は、カソード側でしか生成水により湿潤化されるに過ぎず、アノード側では依然水分不足の状態のままである。また、カソード側では水分過多となって電極の細孔が閉塞されガスの拡散が阻害される虞もある。このため、ただ単に起動時に燃料電池の負荷を深くするだけでは、起動時において燃料電池の出力電圧の早期安定化を図ることはできない。

【0010】なお、燃料電池に供給する燃料ガスの供給圧力を高めれば、燃料電池に大きな負荷源を接続した場合と同様に、燃料電池の負荷を深くすることができる。しかし、やはりカソード側での水分過多やアノード側での水分不足等の事態が起きるので、起動時において出力電圧の早期安定化を図ることはできない。

【0011】本発明は、上記問題点を解決するためになされ、燃料電池の起動時における出力電圧の早期安定化と、適正な出力電圧を得るまでの起動時間の短縮化を図ることをその目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】かかる目的を達成するための請求項1記載の燃料電池の起動装置で採用した手段は、対向するアノードとカソードの電極で固体高分子電解質膜を挟持し該電極に供給される燃料ガスの電気化学反応を経て起電力を呈する燃料電池を起動する起動装置であって、前記起電力の給電対象となる外部の外部負荷に接続して該外部負荷を起動する起動接続に先立って、前記電気化学反応の活性を変動させる起動時活性変動手段を備えることをその要旨とする。

【0013】また、請求項2記載の燃料電池で採用した手段は、請求項1記載の起動装置で起動される燃料電池であって、負荷抵抗を、前記起電力の給電対象となる外部の外部負荷と並列に備えることをその要旨とする。

【0014】請求項3記載の燃料電池では、前記負荷抵抗を、前記燃料ガスの供給管路に設けられたガス加湿機器における発熱抵抗として該ガス加湿機器に装着した。

【0015】この場合、請求項4記載の燃料電池の起動装置では、請求項2又は請求項3記載の燃料電池を起動するための起動装置とし、前記起動時活性変動手段を、前記負荷抵抗と電極との接続および開放を前記起動接続に先立って繰り返すものとした。

【0016】請求項5記載の燃料電池では、前記負荷抵抗をその抵抗値が可変の可変負荷抵抗とした。

【0017】この場合、請求項6記載の燃料電池の起動装置では、請求項5記載の燃料電池を起動するための起動装置とし、前記起動時活性変動手段を、前記可変負荷抵抗と電極との接続および開放を前記起動接続に先立って繰り返すものとし、更に、前記可変負荷抵抗と前記電極との接続ごとに、前記可変負荷抵抗の抵抗値を減少する抵抗値減少変更手段を備えるものとした。

【0018】請求項7記載の燃料電池の起動装置では、前記起動時活性変動手段を、前記可変負荷抵抗と前記電極とが接続されている間における前記可変負荷抵抗の抵抗値を漸減する抵抗値漸減変更手段を備えるものとした。

【0019】また、請求項8記載の燃料電池の起動装置では、前記起動時活性変動手段を、前記外部負荷が起動された後も継続して前記可変負荷抵抗と前記電極とを接続するものとし、更に、該継続して前記可変負荷抵抗と前記電極とが接続されている間における前記可変負荷抵抗の抵抗値を漸増する抵抗値漸増変更手段を備えるものとした。

【0020】また、請求項9記載の燃料電池の起動装置では、前記起動時活性変動手段を、燃料電池に供給される燃料ガスの供給圧力を前記起動接続に先立って変動するものとした。

【0021】請求項10記載の燃料電池の起動装置では、前記起動時活性変動手段を、前記電極に供給された燃料ガスのガス排出路における排出ガス圧力の昇圧およ

び降圧を前記起動接続に先立って繰り返すものとした。

【0022】請求項11記載の燃料電池の起動装置では、前記燃料電池を、対向するアノードとカソードの電極で固体高分子電解質膜を挟持した燃料電池セルの集合体を直列に複数接続して備え、該集合体ごとの各燃料電池セルの電極に供給される燃料ガスの電気化学反応を経て起電力を呈するものとし、前記起動時活性変動手段を、前記起動接続に先立つ電気化学的反應の活性の変動又は燃料ガスの供給圧力の変動若しくは前記排出ガス圧力の昇圧および降圧の繰り返しを、前記燃料電池セルの集合体ごとに行なうものとした。

【0023】請求項12記載の燃料電池の起動装置では、前記燃料電池を、対向するアノードとカソードの電極で固体高分子電解質膜を挟持した燃料電池セルの集合体を直列に複数接続して備え、該集合体ごとの各燃料電池セルの電極に供給される燃料ガスの電気化学反応を経て起電力を呈すると共に、該起電力の給電対象となる外部の外部負荷と並列に負荷抵抗を備えるものとし、前記起動時活性変動手段を、前記起動接続に先立つ前記負荷抵抗と前記燃料電池セルの集合体との接続および開放の繰り返しを、前記燃料電池セルの集合体ごとに順次行なうものとした。

【0024】請求項13記載の燃料電池の起動装置では、前記燃料電池を、対向するアノードとカソードの電極で固体高分子電解質膜を挟持した燃料電池セルの集合体を直列に複数接続して備え、該集合体ごとの各燃料電池セルの電極に供給される燃料ガスの電気化学反応を経て起電力を呈するものとし、前記起動時活性変動手段を、前記起動接続に先立つ前記排出ガス圧力の昇圧および降圧の繰り返しを前記燃料電池セルの集合体ごとに行なうに当たり、一の燃料電池セルの集合体についての前記排出ガス圧力の降圧と他の燃料電池セルの集合体についての前記排出ガス圧力の昇圧とを同期して行なうものとした。

【0025】

【作用】上記構成を有する請求項1記載の燃料電池の起動装置は、起動時活性変動手段により燃料電池における電気化学的反應の活性を変動させた後に、外部負荷に接続して該外部負荷を起動する。そして、この電気化学的反應の活性の変動により、次のようにして燃料電池における固体高分子電解質膜の湿潤化および水分分布の均一化を早期のうちに図る。

【0026】電気化学反応の活性を高めると電気化学的反應が促進され、カソード側での電気化学的反應により生成される水量が多くなる。しかも、アノード側での電気化学的反應により生成された水素イオンのアノードからカソードに向けた水和状態での固体高分子電解質膜における拡散が進んで、固体高分子電解質膜中に水素イオンに付随して存在する水分子の数が多くなる。この状態から電気化学反応の活性を低くすると、電気化学的反應

の抑制を通して、カソード側での水分生成と固体高分子電解質膜における水素イオンの拡散とがその時点で抑制される。よって、カソード側における水分過剰とアノード側における水消費を経た水分不足が一旦緩和され、しかも、固体高分子電解質膜における水分子の自然拡散が進行し固体高分子電解質膜における水分不足や水分過多の偏在を解消する。

【0027】このため、燃料電池の起動時に電気化学反応の活性の変動を経ることで、固体高分子電解質膜を早期のうちに均一な水分分布の湿潤状態にすることができ

る。そして、固体高分子電解質膜にとって好適な湿潤状態への固体高分子電解質膜の円滑な移行を通して、出力電圧を早期に安定化させる。

【0028】請求項2記載の燃料電池では、起電力の給電対象となる外部の外部負荷と並列に備えた負荷抵抗との接続および開放を通して、燃料電池の負荷電流の浅い・深いの繰り返しを可能とし、この負荷電流の変動により電気化学反応の活性の変動をもたらしことが可能である。

【0029】請求項3記載の燃料電池では、燃料ガスの供給管路に設けられたガス加湿機器に負荷抵抗を発熱抵抗として装着したので、外部負荷との起動接続に先立つこの負荷抵抗との接続を通して、電気化学反応の活性の変動に加え、起動接続に先立つガス加湿機器の昇温を可能とする。

【0030】請求項4記載の燃料電池の起動装置では、上記した負荷抵抗を備える燃料電池の当該負荷抵抗と電極との接続および開放を、起動時活性変動手段により、外部負荷の起動接続に先立って繰り返す。よって、負荷抵抗接続時には負荷電流を流し開放時には負荷電流を流さなくなり、燃料電池の負荷電流を変動させる。そして、この負荷電流の変動を通して、負荷電流の浅い・深いの繰り返しを起動接続に先立ち燃料電池に起こす。

【0031】こうして負荷電流が深くなると電気化学反応の活性が高まり反応が促進され、一方、負荷電流が浅くなると電気化学反応の活性が低下して反応が抑制される。従って、負荷電流の浅い・深いの繰り返し（負荷電流の変動）により電気化学反応の活性を変動させ、燃料電池における固体高分子電解質膜の湿潤化および水分分布の均一化を早期のうちに図る。また、請求項4記載の燃料電池の起動装置では、外部負荷との起動接続に先立ってガス加湿機器の負荷抵抗を電極との接続を通して発熱させ、起動接続に先立ってガス加湿機器を予め昇温することができる。

【0032】請求項5記載の燃料電池では、負荷抵抗が抵抗値可変の可変負荷抵抗なので、当該抵抗との接続および開放を通して燃料電池の負荷電流の浅い・深いの繰り返しを行なって電気化学反応の活性を変動させる際に、抵抗値の変更により負荷電流の変動の程度、即ち電気化学反応の活性の変動の程度を可変とすることを可能

とする。

【0033】請求項6記載の燃料電池の起動装置では、上記した可変負荷抵抗と電極との接続および開放を起動接続に先立って繰り返して燃料電池の負荷電流を変動する際に、この可変負荷抵抗と電極とを接続することに、抵抗値減少変更手段により可変負荷抵抗の抵抗値を減少する。よって、可変負荷抵抗と電極との接続により負荷電流を流す際の負荷電流量を増大させて、燃料電池の負荷電流の深くなる程度を可変負荷抵抗との接続ごとに高める。このため、カソード側での生成水量と水和状態での水素イオンの拡散による固体高分子電解質膜中の水分子数とを無理なく増大させて、固体高分子電解質膜をより早期のうちに均一な水分分布の湿潤状態にすることができる。

【0034】請求項7記載の燃料電池の起動装置では、抵抗値漸減変更手段により可変負荷抵抗と電極とが接続されている間において可変負荷抵抗の抵抗値を漸減するので、可変負荷抵抗との接続の間の負荷電流量を漸増させて、燃料電池の負荷電流の深くなる程度を可変負荷抵抗との接続の間に徐々に高める。よって、カソード側での生成水量と固体高分子電解質膜中の水分子数とを無理なく増大させて固体高分子電解質膜をより早期のうちに均一な水分分布の湿潤状態にすることができる。また、可変負荷抵抗との接続当初に燃料電池に急激な負荷をかけることがない。

【0035】請求項8記載の燃料電池の起動装置では、可変負荷抵抗と前記電極との接続を起動時活性変動手段により外部負荷起動後にも継続することで、当該起動後にも可変負荷抵抗を介して燃料電池に外部負荷とは別の負荷電流を流す。しかし、可変負荷抵抗を介したこの間の負荷電流は、抵抗値漸増変更手段による可変負荷抵抗の抵抗値の漸増により漸減することになり、外部負荷起動後における負荷電流を急変させない。

【0036】また、請求項9記載の燃料電池の起動装置では、起動時活性変動手段により燃料ガスの供給圧力を起動接続に先立って変動することで供給圧力の高低の繰り返しを起こし、次のようにして燃料電池の電気化学的反応の活性を変動させ、その後、外部負荷に接続して該外部負荷を起動する。

【0037】燃料ガスの供給圧力が上昇すると、燃料電池での電気化学的反応に供される燃料ガスが増えることから、電気化学的反応の活性が高まり反応が促進される。このため、カソード側での電気化学的反応により生成される水量が多くなると共に、アノード側での電気化学的反応により生成された水素イオンのアノードからカソードに向けた水和状態での固体高分子電解質膜における拡散が進んで、固体高分子電解質膜中に水素イオンに付随して存在する水分子の数が多くなる。この状態から燃料ガスの供給圧力を低下させると、燃料電池での電気化学的反応に供される燃料ガスが少なくなることから、

電気化学的反応の活性が低下して反応が抑制されるため、カソード側での水分生成と固体高分子電解質膜における水素イオンの拡散とがその時点で抑制される。よって、カソード側における水分過剰とアノード側における水消費を経た水分不足が一旦緩和され、しかも、固体高分子電解質膜における水分子の自然拡散が進行し固体高分子電解質膜における水分不足や水分過多の偏在を解消する。このため、燃料ガスの供給圧力の変動を通して燃料電池の電気化学的反応の活性が変動し、固体高分子電解質膜を早期のうちに均一な水分分布の湿潤状態にすることができ

【0038】この場合、カソード側の燃料ガス或いはアノード側の燃料ガスの両燃料ガスについて供給圧力を変動させることが望ましいが、一方の燃料ガスについてのみ供給圧力を変動させてもよい。

【0039】請求項10記載の燃料電池の起動装置では、起動時活性変動手段により燃料ガスの排出ガス圧力の昇圧および降圧を起動接続に先立って繰り返すことで、燃料ガスの供給圧力の変動をもたらす。よって、請求項10記載の燃料電池の起動装置では、燃料ガスの排出ガス圧力の昇圧および降圧の繰り返しを行なうだけで、供給圧力の変動を通して燃料電池の電気化学的反応の活性を変動させ、固体高分子電解質膜を早期のうちに均一な水分分布の湿潤状態にすることができ

【0040】この場合、カソード側の燃料ガス或いはアノード側の燃料ガスの両燃料ガスについて排出ガス圧力の昇圧および降圧の繰り返すことが望ましいが、一方の燃料ガスについてのみ排出ガス圧力の昇圧および降圧を繰り返してもよい。

【0041】請求項11記載の燃料電池の起動装置では、起動接続に先立って、燃料電池の負荷電流の変動、又は燃料ガスの供給圧力の変動若しくは排出ガス圧力の昇圧および降圧の繰り返すを通した燃料電池の電気化学的反応の活性の変動を、起動時活性変動手段により燃料電池セルの集合体ごとに行なう。このため、起動接続に先立つ固体高分子電解質膜の早期の均一な水分分布の湿潤化を燃料電池セルの集合体ごと

【0042】請求項12記載の燃料電池の起動装置では、起動接続に先立って、負荷抵抗と燃料電池セルの集合体との接続および開放の繰り返すを、起動時活性変動手段により燃料電池セルの集合体ごとに行なう。このため、起動接続に先立って燃料電池の負荷電流を変動させ、固体高分子電解質膜の早期の均一な水分分布の湿潤化を燃料電池セルの集合体ごと

むと共に、抵抗値の小さな小型化の負荷抵抗で済む。

【0043】請求項13記載の燃料電池の起動装置では、起動接続に先立つ排出ガス圧力の昇圧および降圧の繰り返すを燃料電池セルの集合体ごとに行なうに当たり、起動時活性変動手段により、一の燃料電池セルの集合体について排出ガス圧力を降圧するときには、他の燃料電池セルの集合体については排出ガス圧力を昇圧させる。このため、一の燃料電池セルの集合体について降圧により燃料電池の電気化学的反応の活性が低くされるときには、他の燃料電池セルの集合体については昇圧により燃料電池の電気化学的反応の活性を高くして、活性の低下による出力電圧の低下を打ち消し、燃料電池全体としての出力電圧をより安定化させると共に、出力電圧の円滑な上昇を図る。

【0044】

【実施例】以上説明した本発明の構成・作用を一層明らかにするために、以下本発明の好適な実施例について、図面に基づき説明する。図1は、実施例の燃料電池10のブロック図である。

【0045】図示するように実施例の燃料電池10は、図示しない固体高分子電解質膜をアノードとカソードで挟持した燃料電池セルから構成される固体高分子型燃料電池セルモジュール（以下、PEFCモジュールと略称する）を複数個（N個）備える。そして、燃料電池10は、各PEFCモジュール10A～10Nを直列に接続して開回路を形成し、この開回路の外部接続端子12、14において、外部の外部負荷16（例えば、電気自動車用の駆動モータ等）とスイッチ18により接続される。

【0046】各PEFCモジュールは、固体高分子電解質膜をアノードとカソードで挟持した燃料電池セルを一構成単位とし、一以上の燃料電池セルを持って構成されている。例えば、燃料電池10として200個の燃料電池セルを有するのであれば、PEFCモジュールを一個の燃料電池セルから構成したり、PEFCモジュールを100個の燃料電池セルから構成したりすることができる。この場合、前者の燃料電池10は、200のPEFCモジュールに分割されることになり、後者の燃料電池10は、二つのPEFCモジュールに分割されることになる。なお、PEFCモジュールを構成する燃料電池セルの個数はそれぞれのPEFCモジュールごと

【0047】また、燃料電池10は、各PEFCモジュールで得られた起電力の給電対象である外部負荷16と並列に、且つ各PEFCモジュール10A～10Nとも

11

それぞれ並列にダミー抵抗20を備える。そして、燃料電池10は、ダミー抵抗20に接続された切り換えスイッチ22を選択的に切り換えて、PEFCモジュール10A~10Nのうちの一のPEFCモジュールとダミー抵抗20とを選択的に接続する。なお、切り換えスイッチ22は、ダミー抵抗20をいずれのPEFCモジュールにも接続しない切り換え位置(初期位置)に、通常おかれており、後述の電子制御装置30からの制御信号を受けて駆動する。

【0048】このほか、外部接続端子12、14の近傍には、燃料電池10の開回路電圧を測定するための電圧計24が設けられている。また、各PEFCモジュールには、その構成単位である各燃料電池セルのアノードに燃料ガスである水素ガスを加湿供給するための図示しない水素ガス供給管路と、カソードに燃料ガスである酸素ガス又は空気等の酸素含有ガスを加湿供給するための図示しない酸素ガス供給管路と、各燃料電池のアノード、カソードから余剰ガスを排出する図示しないガス排出管路とが接続されている。

【0049】また、これらガス管路のほか、アノード又はカソードにそれぞれの燃料ガスを供給する構成についても、本実施例の説明を簡略化するために図示を省略したが、次のような構成を適宜採用すればよい。例えば、アノード側の燃料ガス供給としては、高圧水素ガスポンプを用いたガス供給や、メタノール改質法或いはメタン改質法等による水素発生装置を用いたガス供給、水素貯蔵合金からのガス供給、液体水素タンクからのガス供給などを挙げることができる。カソード側の燃料ガス供給としては、高圧酸素或いは高圧空気の高圧ポンプを用いたガス供給や、コンプレッサによる大気加圧供給、液体酸素或いは液体空気の高圧ポンプからのガス供給などを挙げることができる。よって、メタノール改質法による水素発生装置を用いたガス供給では、100%の水素ガスではなく、水素を多量に含んだ改質ガス(水素75%、二酸化炭素25%)がアノードに供給されることになる。また、コンプレッサによる大気加圧供給では、100%の酸素ガスではなく、酸素を含んだ空気がカソードに供給されることになる。

【0050】電子制御装置30は、CPU31、ROM32、RAM33、タイマ34を中心に論理演算回路として構成され、これらとコモンバス35を介して相互に接続された入出力ポート36により外部との入出力を行う。そして、この入出力ポート36には、上記したスイッチ18や切り換えスイッチ22、電圧計24が接続されている。

【0051】次に、上記した構成を備える本実施例の燃料電池10が行う種々制御のうち、その起動時における起動制御と出力電圧監視制御とについて、図2、図3のフローチャートに基づき説明する。

【0052】図2のフローチャートは起動制御(起動ル

12

ーチン)を示すものであり、当該起動ルーチンは、図示しない外部負荷起動スイッチがオンされるとそのオン信号を受けて開始され、後述の出力電圧監視制御(出力電圧監視ルーチン)にて終了されるまで繰り返し実行される。図2に示すように、この起動ルーチンでは、処理が開始されると、まず、切り換えスイッチ22に制御信号(PEFCモジュール10A選択指令)を出力してダミー抵抗20とPEFCモジュール10Aとを接続する(ステップS100)。続いて、PEFCモジュール10Aを選択的に接続してからの経過時間を計時しこれが所定のオン時間TONに達したか否かを判断し(ステップS105)、肯定判断されるまで待機する。これにより、PEFCモジュール10Aには所定のオン時間TONに亘って負荷電流が流れ、PEFCモジュール10Aにおける負荷電流が深くなる。

【0053】この場合、負荷電流を流すオン時間TONは、燃料電池10の備えるPEFCモジュールのモジュール数やダミー抵抗20の抵抗値等を考慮して、例えば実験計画法等により定めればよい。

【0054】ステップS105で肯定判断すると、切り換えスイッチ22に制御信号(PEFCモジュール10B選択指令)を出力してダミー抵抗20とPEFCモジュール10Bとを接続し(ステップS110)、それまでダミー抵抗20と接続されていたPEFCモジュール10Aを開放する。続いて、PEFCモジュール10Bを選択的に接続してからの経過時間を計時しこれが所定のオン時間TONに達したか否かを判断し(ステップS115)、肯定判断されるまで待機する。これにより、PEFCモジュール10Bには所定のオン時間TONに亘って負荷電流が流れ、PEFCモジュール10Bにおける負荷電流は深くなる。その一方で、PEFCモジュール10Aはダミー抵抗20から開放されてダミー抵抗20による負荷電流は流れなくなるので、その負荷電流は浅くなり、PEFCモジュール10Aについては、負荷電流の浅い・深いが起きることになる。

【0055】従って、PEFCモジュール10Aを構成する各燃料セルについては、負荷電流が深い間(ステップS105での待機期間)において、電気化学的反応の活性が高まり反応が促進するため、カソード側では生成水量が増加し、アノード側で生成された水素イオンのアノードからカソードに向けた水和状態での固体高分子電解質膜における拡散促進を通して、固体高分子電解質膜中に水素イオンに付随して存在する水分子の数が多くなる。そして、この状態からダミー抵抗20との接続が断たれてPEFCモジュール10Aの負荷電流が浅くなるので、PEFCモジュール10Aを構成する各燃料電池セルでは、電気化学的反応の活性が低下して反応が抑制され、カソード側での水分生成と固体高分子電解質膜における水素イオンの拡散とがその時点で抑制される。よって、カソード側における水分過剰とアノード側にお

13

る水消費を経た水分不足が一旦緩和され、しかも、固体高分子電解質膜における水分子の自然拡散が進行し固体高分子電解質膜における水分不足や水分過多の偏在が解消に向かう。

【0056】ステップS115で肯定判断すると、PEFCモジュール10Cについてのダミー抵抗20との選択的接続(ステップS120)、所定のオン時間TON待機(ステップS125)、更にPEFCモジュール10D(図示省略)からPEFCモジュール10Nまでの各PEFCモジュールについてのダミー抵抗20との選択的接続(ステップS130)、所定のオン時間TON待機(ステップS135)を実行し、その後はステップS100からの処理を繰り返す。つまり、PEFCモジュール10A~10Nまでの各PEFCモジュールについて順次ダミー抵抗20との接続および開放を行なうと、再度PEFCモジュール10Aから、ダミー抵抗20との接続および開放を繰り返す。

【0057】この一連の処理により、PEFCモジュール10A~10Nまでの各PEFCモジュールについて負荷電流の浅い・深いが起きることになる。よって、PEFCモジュール10A~10Nまでの各PEFCモジュールの各燃料電池セルについても、負荷電流の浅い・深いを経て、既述したように固体高分子電解質膜における水分子の自然拡散が進行し、固体高分子電解質膜における水分不足や水分過多の偏在が解消に向かう。

【0058】次に、出力電圧監視ルーチンについて説明する。この出力電圧監視ルーチンは、既述した起動ルーチンと同様に、図示しない外部負荷起動スイッチがオンされるとそのオン信号を受けて開始される。そして、図3に示すように、この出力電圧監視ルーチンでは、処理が開始されると、まず、電圧計24から燃料電池10における開回路電圧(出力電圧)を読み込み(ステップS200)、読み込んだ出力電圧が外部負荷16に給電するに適正なものか否かを判定する(ステップS205)。そして、このステップS205で肯定判断するまで、出力電圧の読み込み、その判定を繰り返す。なお、ステップS205における判定は、出力電圧の値が定格電圧であるかのみならず、電圧変動が所定の範囲のものであるかについても行なうよう構成されている。

【0059】ステップS205で肯定判断すれば、外部負荷16に給電してこれを定格電圧で駆動できるとして、上記の起動ルーチンをその処理の状況に拘らず強制的に終了すると共に、切り換えスイッチ22に制御信号(初期位置復帰指令)を出力して切り換えスイッチ22を初期位置に復帰させる(ステップS210)。よって、これ以降は、PEFCモジュール10A~10Nまでの総てのPEFCモジュールとダミー抵抗20との接続が断たれ、それ以降には、各PEFCモジュールでは負荷電流の浅い・深い、即ち負荷電流の変動は起きない。ステップS210に続いては、スイッチ18に制御

14

信号(外部負荷16接続指令)を出力して、外部負荷16と燃料電池10とを外部接続端子12、14において接続し外部負荷16への給電を開始し(ステップS220)、本ルーチンを終了する。

【0060】以上説明したように本実施例の燃料電池10では、出力電圧監視ルーチンのステップS205で出力電圧が適正とされるまでの間に亘って、起動時ルーチンによるダミー抵抗20との接続および開放を通して各PEFCモジュールの各燃料電池セルについて負荷電流を変動させ、その浅い・深いを繰り返す。このため、PEFCモジュール10A~10Nまでの各PEFCモジュールについて、各燃料電池セルにおける固体高分子電解質膜の水分不足や水分過多の偏在を順次解消することができる。よって、本実施例の燃料電池10によれば、各燃料電池セルの固体高分子電解質膜を早期のうちに均一な水分分布で湿润化させて、適正な出力電圧(起電力)を起動時から短時間で得ることができる。

【0061】しかも、燃料電池10によれば、PEFCモジュール10A~10NまでのN個のPEFCモジュールを有するにも拘らず、単一のダミー抵抗20を用いて出力電圧の早期安定化を図ることができる。このため、部品点数を低減することができる。また、ダミー抵抗20の抵抗値を各PEFCモジュールの構成燃料電池セル個数に応じて定めればよいので、燃料電池10によれば、ダミー抵抗20を抵抗値の小さな小型の抵抗とすることができ、燃料電池10の小型化を図ることができる。加えて、抵抗値の小さな小型化の抵抗でよいことから、ダミー抵抗20の発熱量を少なくできダミー抵抗20からの放熱による周辺機器への悪影響を回避することができる。

【0062】更に、ダミー抵抗20および切り換えスイッチ22を従来の燃料電池に追加し、切り換えスイッチ22を既述したように切り換え制御すればよいことから、燃料電池10によれば、既存の燃料電池を簡単な改造を経るだけで出力電圧の早期安定化を図ることのできる優れた燃料電池とすることができる。換言すれば、既存設備の有効利用を図ることができる。しかも、この際に燃料電池の大型化を招かない。

【0063】また、上記の第1実施例の燃料電池10では、出力電圧監視ルーチンにより起動時ルーチンにおける処理を強制的に終了するので、具体的には、起動時ルーチンにおいてあるPEFCモジュールについてダミー抵抗20と接続中であり所定のオン時間TONの経過前であっても、その時点でダミー抵抗20との接続を断つ。このため、起動時ルーチンを早期のうちに終了して電子制御装置30の負荷を軽減することができる。

【0064】次に、他の実施例について説明する。第2実施例では、上記した第1実施例の燃料電池10におけるダミー抵抗20に替えて、図4に示すダミー抵抗40を用いる点で燃料電池10とその構成が相違する。図示

10

20

30

40

50

するように、ダミー抵抗40は、所定の抵抗値Rを有する抵抗(41a, 41b, 41c...41n)を、回路を開閉するスイッチ(42a, 42b, 42c...42n)を介在させてそれぞれ並列に接続して構成されている。よって、電子制御装置30により各スイッチ(42a, 42b, 42c...42n)が回路を開閉すると、その開閉状態により、ダミー抵抗40の抵抗値(合成抵抗値)は、 $R$ ,  $R/2$ ,  $R/3$ ... $R/n$ と変化する。

【0065】この第2実施例における燃料電池10の起動ルーチンは、図5に示すように、まず、ダミー抵抗40に制御信号(スイッチオン信号)を出力してスイッチ42aをオンする(ステップS300)。これにより、ダミー抵抗40の抵抗値はRに一旦設定される。その後は、第1実施例における起動ルーチンのステップS100からステップS135までの一連の処理(ダミー抵抗接続・開放処理)を順次実行する(ステップS310)。つまり、抵抗値がRとされたダミー抵抗40との接続および開放を、PEFCモジュール10A~10Nまでの各PEFCモジュールについて順次実行する。これにより、各PEFCモジュールでは、所定のオン時間 $T_{ON}$ に亘るダミー抵抗40との接続およびその後の開放がされるので、各PEFCモジュールについての負荷電流の変動が抵抗値Rのダミー抵抗40により起きる。なお、この場合のオン時間 $T_{ON}$ も、燃料電池10の備えるPEFCモジュールのモジュール数等を考慮して適宜定めればよい。

【0066】ステップS310に続いては、ダミー抵抗40に制御信号(スイッチオン信号)を出力してスイッチ42aとスイッチ42bをオンする(ステップS320)。これにより、ダミー抵抗40の抵抗値は $R/2$ に変更される。その後は、上記した一連のダミー抵抗接続・開放処理を実行する(ステップS330)。つまり、抵抗値が $R/2$ とされたダミー抵抗40との接続および開放を、PEFCモジュール10A~10Nまでの各PEFCモジュールについて順次実行する。これにより、各PEFCモジュールについての負荷電流の変動が抵抗値 $R/2$ のダミー抵抗40により起きる。

【0067】その後は、オンするダミー抵抗40のスイッチを一つずつ増やして(ステップS340, 360)ダミー抵抗40の抵抗値を小さくし、抵抗値を低くした都度ダミー抵抗接続・開放処理を実行して(ステップS350, 370)、ダミー抵抗40との接続および開放を各PEFCモジュールについて順次実行する。そして、第1実施例と同様に、出力電圧監視ルーチンにより強制的にダミー抵抗40との接続が断たれるまで上記した処理を繰り返す。

【0068】以上説明したように、この第2実施例の燃料電池10では、各PEFCモジュールについてダミー抵抗40との接続および開放を通してその負荷電流を変動する際に、ダミー抵抗40とPEFCモジュールとを

接続することにより、ダミー抵抗40の抵抗値を減少する。よって、図6に示すように、ダミー抵抗40とそれぞれのPEFCモジュールとの接続により負荷電流を流す際の負荷電流量を各PEFCモジュールについて徐々に増大させて、負荷電流の深くなる程度を各PEFCモジュールについてのダミー抵抗40との接続ごとに徐々に高める。

【0069】このため、第2実施例の燃料電池10によれば、各PEFCモジュールにおけるそれぞれの燃料電池セルのカソード側での生成水量を無理なく徐々に増大させて、固体高分子電解質膜をより早期のうちに均一な水分分布の湿润状態にすることができる。この結果、第2実施例の燃料電池10によれば、適正な出力電圧(起電力)を起動時からより短時間で得ることができる。しかも、第2実施例の燃料電池10によれば、負荷電流の深くなる程度の漸増を通して、燃料電池10全体としての起動時における出力変動を抑制でき、燃料電池10の起動時における出力電圧をほぼ時間に比例して上昇させることができる。

【0070】また、この第2実施例の燃料電池10でも、第1実施例の燃料電池10と同様に、ダミー抵抗40を必要とするに過ぎないことから、部品点数の低減や抵抗の小型化等を図ることができる。

【0071】次に、第3実施例の燃料電池10について説明する。この第3実施例の燃料電池10では、上記した第2実施例の燃料電池10と起動ルーチンにおける処理内容が次のように異なる。つまり、それぞれのPEFCモジュールとダミー抵抗40との接続および開放を行なう際に、図7に示すように、最初の接続時にはオン時間 $T_{ON}$ に亘ってダミー抵抗40の抵抗値をRとし、次の接続時以降には、このオン時間 $T_{ON}$ の間においてダミー抵抗40の抵抗値を漸減しつつダミー抵抗40との接続を図る。

【0072】このため、この第3実施例の燃料電池10では、それぞれのPEFCモジュールとダミー抵抗40との接続の間においても負荷電流量を漸増させて負荷電流の変動を図り、負荷電流の深くなる程度をダミー抵抗40との接続の間に徐々に高めることができる。よって、各燃料電池セルのカソード側での生成水量を無理なく徐々に増大させて各燃料電池セルの固体高分子電解質膜をより早期のうちに均一な水分分布の湿润状態にすることができる。この結果、第3実施例の燃料電池10によれば、適正な出力電圧(起電力)を起動時からより短時間で得ることができる。具体的には、第3実施例の燃料電池10では、燃料電池10と外部負荷16とを起動時に即座に接続する従来の燃料電池のほぼ半分程度の時間で適正な出力電圧を得ることができた。

【0073】しかも、第3実施例の燃料電池10であっても、負荷電流の深くなる程度の漸増を通して、燃料電池10全体としての起動時における出力変動を抑制で

き、燃料電池10の起動時における出力電圧をほぼ時間に比例して上昇させることができる。また、第3実施例の燃料電池10によれば、各PEFCモジュールとダミー抵抗40との接続当初に燃料電池セルに急激な負荷をかけることがないので、燃料電池セルの固体高分子電解質膜の損傷を回避することができると共に、その膜厚を薄くして水素イオンの透過の円滑化を図り電池特性を向上することができる。

【0074】なお、PEFCモジュールとダミー抵抗40との接続の間においてダミー抵抗40の抵抗値を漸減させるには、図7に示すように、オン時間TONの間においてオンするダミー抵抗40のスイッチを所定時間経過ごとに一つずつ増やして行けばよい。

【0075】次に、第4実施例の燃料電池10について説明する。この第4実施例の燃料電池10では、上記した各実施例での起動時における起動ルーチン、出力電圧監視ルーチンに加え、スイッチ18により燃料電池10が外部負荷16と接続された後に以下に説明する負荷電流収束制御（負荷電流収束ルーチン）を行なう点で上記した各実施例の燃料電池10とその構成が異なる。

【0076】この負荷電流収束ルーチンは、出力電圧監視ルーチンにより外部負荷16が接続されると（ステップS220：図3参照）その接続を受けて開始される処理である。そして、処理が開始されると、図8のフローチャートに示すように、まず、外部負荷16が接続されたときにダミー抵抗40と接続されているPEFCモジュールについて、ダミー抵抗40との接続状態を継続する（ステップS400）。例えば、外部負荷16の接続時にPEFCモジュール10Bが抵抗値がR/5のダミー抵抗40と接続されていれば、このPEFCモジュール10Bとダミー抵抗40との接続およびダミー抵抗40におけるスイッチの開閉状態（抵抗値がR/5であるのでスイッチ42a、42b、42c、42d、42eがオン）をそのまま継続する。なお、この第3実施例における出力電圧監視ルーチンのステップS210（図3参照）では、切り換えスイッチ22の初期位置復帰はなされず、ダミー抵抗40とPEFCモジュールとは接続されたままである。また、以下の説明においては、外部負荷16の接続時にはPEFCモジュール10Bがダミー抵抗40（スイッチ42a、42b、42c、42d、42eがオン）と接続されいることを想定して説明することとする。

【0077】ステップS400に続いては、ダミー抵抗40との接続状態を継続してから所定のオン時間TEND（＜TON）が経過したか否かを判断し（ステップS405）、肯定判断されるまで待機する。これにより、外部負荷16の接続時にダミー抵抗40と接続されているPEFCモジュール10Bには、外部負荷16との接続後にも所定のオン時間TENDに亘ってダミー抵抗40（抵抗値R/5）による負荷電流が継続して流れ、このPE

FCモジュール10Bにおける負荷電流は維持される。

【0078】ステップS405で肯定判断すると、切り換えスイッチ22に制御信号を出力してダミー抵抗40と次順序のPEFCモジュール、この場合にはPEFCモジュール10Cとを接続し（ステップS410）、それまでダミー抵抗40と接続されていたPEFCモジュール10Bを開放する。続いて、PEFCモジュール10Cを選択的に接続してからの経過時間を計時しこれが所定のオン時間TENDに達したか否かを判断し（ステップS415）、肯定判断されるまで待機する。これにより、PEFCモジュール10Cには所定のオン時間TENDに亘って負荷電流が流れる。その一方で、PEFCモジュール10Bはダミー抵抗40から開放されてダミー抵抗40による負荷電流は流れなくなることになる。

【0079】その後、総てのPEFCモジュールについて、順次ダミー抵抗40との選択的な切り換え接続およびオン時間TENDの待機を行ない、最終順序のPEFCモジュール、この場合にはPEFCモジュール10Aとの選択的接続（ステップS420）、オン時間TENDの待機（ステップS425）を行なう。つまり、抵抗値がR/5のダミー抵抗40との接続および開放をPEFCモジュール10B、10C…10NおよびPEFCモジュール10Aの順に行ない、抵抗値がR/5のダミー抵抗40による負荷電流を各PEFCモジュールについて外部負荷16の接続後にも継続して流す。なお、総てのPEFCモジュールについてのダミー抵抗40との選択的な切り換え接続およびオン時間TENDの待機の一連の処理を、以下ダミー抵抗接続・開放継続処理（ステップS430）という。

【0080】そして、ステップS430に続いては、ダミー抵抗40に制御信号（スイッチオフ信号）を出力してスイッチ42eをオフする（ステップS440）。これにより、ダミー抵抗40の抵抗値はR/4に増大変更される。その後は、上記した一連のダミー抵抗接続・開放継続処理を実行し（ステップS450）、引き続きスイッチ42d、42c、42bのオフ（ステップS460、480）、並びにダミー抵抗接続・開放継続処理を実行する（ステップS470、490）。これにより、ダミー抵抗40の抵抗値がR/4、R/3、R/2、Rと増大変更されることに、PEFCモジュール10B、10C…10NおよびPEFCモジュール10Aの順にダミー抵抗40との接続および開放がなされる。

【0081】ステップS490に続いては、切り換えスイッチ22に制御信号（初期位置復帰指令）を出力して切り換えスイッチ22を初期位置に復帰させ（ステップS500）、これ以降は総てのPEFCモジュールとダミー抵抗40との接続を断つ。

【0082】以上説明したように、この第4実施例の燃料電池10では、あるPEFCモジュールについての起動時からの負荷電流の変化の様子を表わす図9に示すよ

10

20

30

40

50

うに、外部負荷 16 との接続後にも各 P E F C モジュールに継続してダミー抵抗 40 による負荷電流を流し、その負荷電流をダミー抵抗 40 の抵抗値を増大変更を通して徐々に減少させやがてゼロとする。この結果、第 4 実施例の燃料電池 10 によれば、外部負荷 16 の接続直後において負荷電流を急変させないので、燃料電池セルの固体高分子電解質膜の損傷を回避することができると共に、その固体高分子電解質膜の薄膜化を通して水素イオンの膜透過の円滑化を図り電池特性を向上することができる。

【0083】次に、第 5 実施例の燃料電池 10 について説明する。この第 5 実施例の燃料電池 10 では、負荷電流収束ルーチンのステップ S 405、415、425 等における外部負荷接続後のオン時間 T<sub>END</sub> を外部負荷接続前の起動時のオン時間 T<sub>ON</sub> と等しくした点でのみ、上記の第 4 実施例と相違する。このように構成した第 5 実施例の燃料電池 10 によっても、ある P E F C モジュールについての起動時からの負荷電流の変化の様子を表わす図 10 に示すように、外部負荷 16 の接続直後において負荷電流を急変させないので、燃料電池セルの固体高分子電解質膜の損傷を回避することができる。

【0084】次に、第 6 実施例の燃料電池 50 について説明する。なお、以下の説明に当たっては、第 1 実施例の燃料電池 10 と同一の機能又は構成を有する部材については第 1 実施例と同一の符号を付してその説明を省略し、異なる構成について詳述することとする。

【0085】図 11 に示すように、燃料電池 50 は、その構成単位である図示しない燃料電池セルの各々のアノードに水素ガスを供給する水素ガス供給管 52 および過剰水素ガスを電池外に排出する水素ガス排出管 54 と、燃料電池セルの各々のカソードに酸素ガスを供給する酸素ガス供給管 56 および過剰酸素ガスを電池外に排出する酸素ガス排出管 58 とを備える。そして、各燃料ガスの供給管には、その上流側から、管路を通過するガスの圧力を調整する圧力調整バルブ 60、62 と、管路を通過するガスの流量を調整する流量調整器（マスフローコントローラ：略号 MFC）64、66 と、管路を通過するガスをバブリングして加湿する加湿器 68、70 とが設けられている。また、各燃料ガスの排出管には、管路を通過するガスの圧力調整を通して管路のガス背圧を調整する背圧調整バルブ 72、74 が設けられている。なお、上記した圧力調整バルブ 60、62、流量調整器 64、66、背圧調整バルブ 72、74 のそれぞれは、所定の調整圧力又は流量に予め設定されている。

【0086】この第 6 実施例のは燃料電池 50 は、外部負荷 16 と並列に二つのダミー抵抗 76、78 を備え、このダミー抵抗 76、78 のそれぞれは、加湿器 68、70 における発熱抵抗として当該加湿器 68、70 に装着されている。また、ダミー抵抗 76、78 のそれぞれは、燃料電池 50 から外部負荷 16 への給電ラインにス

イッチ 80、82 を介して個別に接続されている。なお、ダミー抵抗 76、78 の構成並びにガス加湿器への装着の様子については後述する。

【0087】このほか、燃料電池 50 は、第 1 実施例の燃料電池 10 と同様に、スイッチ 18 と電圧計 24 と電子制御装置 30 とを備える。そして、電子制御装置 30 により、上記したスイッチ 80、82 やスイッチ 18 の開閉を行なう。

【0088】水素ガス供給管 52 に設けられた加湿器 68 は、図 12 に示すように、内部に加湿用の水を貯留する金属製の容器本体 68a と、水素ガス供給管 52 に接続され容器本体 68a に水素ガスを導入する導入管 68b と、水素ガス供給管 52 に接続され容器本体 68a から加湿済みの水素ガスを排出する排出管 68c とを備える。この導入管 68b は、その先端が容器本体 68a の貯留水中に位置し、貯留水中に水素ガスを導入してバブリングするよう設けられている。一方、排出管 68c は、その先端が貯留水に浸からないように位置し、バブリングされて貯留水水面から出てきた水素ガスを容器本体 68a から排出するよう設けられている。なお、酸素ガス供給管 56 に設けられた加湿器 70 は、その構成が加湿器 68 と同一なのでその説明を省略する。

【0089】また、加湿器 68 には、金属製の容器本体 68a の外周壁にダミー抵抗 76 が装着されている。つまり、ダミー抵抗 76 は、面状発熱体 76a~76n からなり、隣合う面状発熱体を直列に接続して構成される。各面状発熱体は、容器本体 68a の外周壁に適宜な方法、例えば接着、埋設等により固定されている。そして、面状発熱体 76a は燃料電池 50 における給電ラインに、面状発熱体 76n はスイッチ 80 にそれぞれ接続されており（図 11 参照）、スイッチ 80 の開閉でダミー抵抗 76 の各面状発熱体 76a~76n に通電される。従って、加湿器 68 は、スイッチ 80 を介した通電によるダミー抵抗 76 の各面状発熱体 76a~76n の発熱により、容器本体 68a の外周壁を通して貯留水を加熱することができる。

【0090】この面状発熱体 76a と面状発熱体 76n とは、図示しない発熱用電源と、電子制御装置 30 により開閉駆動する図示しない発熱用開閉スイッチを介して接続されている。このため、燃料電池 50 の定常運転時においては、各面状発熱体 76a~76n には電子制御装置 30 による発熱用開閉スイッチの開閉を介して通電されるため、各面状発熱体 76a~76n の発熱を通して加湿器 68 の貯留水は所定温度に維持される。

【0091】この実施例にあっては、ダミー抵抗 76 を面状発熱体 76a~76n に分割して構成したが、単一の面状発熱体、例えばシリコンラバーヒータの如く柔軟性を備えた面状発熱体とすることもできることは勿論である。具体的には、帯状のシリコンラバーヒータを容器本体 68a の外周壁に巻き付け、当該ヒータを密着

固定すればよい。

【0092】なお、加湿器68は、各面状発熱体を容器本体68aの外周壁に固定した状態で、図示しない断熱容器に収納されている。また、加湿器68には、貯留水の温度を検出するための温度センサ（図示省略）や加湿器内のガス圧を測定するための圧力センサ（図示省略）等が必要に応じて備え付けられる。

【0093】上記した構成を備える第6実施例の燃料電池50では、図示しない外部負荷起動スイッチがオンされると、次のようにしてスイッチ80、82をオン・オフし、燃料電池50に、詳しくは燃料電池50を構成する燃料電池セルに負荷電流の変動（負荷電流の浅い・深い）を起こさせる。つまり、外部負荷起動スイッチがオンされると、まず、電子制御装置30によりスイッチ80をオンとして、アノード側の加湿器68のダミー抵抗76（面状発熱体76a~76n）と燃料電池50とを接続する。続いて、燃料電池50と加湿器68のダミー抵抗76とを接続してからの経過時間を計時しこれが所定のオン時間TONに達した時点で、スイッチ80をオフとして加湿器68のダミー抵抗76との接続を断つ。

【0094】次いで、ダミー抵抗76との接続を断つてからの経過時間を計時しこれが所定のオフ時間TOFFに達した時点でスイッチ82をオンとして、カソード側の加湿器70のダミー抵抗78（面状発熱体78a~78n）と燃料電池50とを接続する。その後は、燃料電池50とカソード側の加湿器70のダミー抵抗78との接続をオン時間TONに亘って継続した後にスイッチ82をオフして当該接続を遮断し、オフ時間TOFFの経過後に燃料電池50とアノード側の加湿器68のダミー抵抗76とを接続する。そして、それ以降は、上記したスイッチ80およびスイッチ82のオン・オフの繰り返しを介して、オフ時間TOFFごとにオン時間TONに亘って燃料電池50とダミー抵抗76又はダミー抵抗78のいずれかを交互に接続し、燃料電池50との接続・開放が繰り返される。

【0095】従って、燃料電池50には所定のオン時間TONに亘ってダミー抵抗76又はダミー抵抗78のいずれかにより負荷電流が流れ、燃料電池50における負荷電流が深くなる。一方、所定のオン時間TONの経過後のオフ時間TOFFに亘っては、燃料電池50は上記両ダミー抵抗から開放されて当該ダミー抵抗による負荷電流は流れなくなるので、その負荷電流は浅くなる。このため、燃料電池50には、外部負荷16に給電される以前の起動時において負荷電流の浅い・深いが繰り返し起こることになる。

【0096】上記したスイッチ80およびスイッチ82のオン・オフを繰り返す一方で、燃料電池50では、第1実施例の燃料電池10とはほぼ同様の出力電圧監視制御が行なわれている。つまり、外部負荷起動スイッチがオンされると、電圧計24からの出力電圧の読み込みを繰

り返し、読み込んだ出力電圧が適正であればスイッチ80およびスイッチ82の両スイッチを共にオフとして、それ以降の燃料電池50とダミー抵抗76、78との接続を断つ。そして、当該接続を断ってからスイッチ18をオンとして外部負荷16と燃料電池50とを接続し、外部負荷16に給電を開始する。従って、出力電圧が適正となりスイッチ80およびスイッチ82の両スイッチが共にオフとされるまで、上記した負荷電流の浅い・深いが繰り返されることになる。

10 【0097】以上説明したように、第6実施例の燃料電池50にあっても、ダミー抵抗76、78による負荷電流の浅い・深いの繰り返しを起こすことができるので、既述したように、燃料電池50を構成する各燃料電池セルにおける固体高分子電解質膜の水分不足や水分過多の偏在を順次解消することができる。よって、この第6実施例の燃料電池50によっても、各燃料電池セルの固体高分子電解質膜を早期のうちに均一な水分分布で湿潤化させて、適正な出力電圧（起電力）を起動時から短時間で得ることができる。

20 【0098】しかも、この第6実施例の燃料電池50では、起動時間短縮のための上記したダミー抵抗76、78と燃料電池50との接続により、電池起動時における負荷電流のダミー抵抗への通電を通して両ダミー抵抗を発熱させる。この結果、燃料電池50によれば、アノード側およびカソード側の両加湿器の貯留水を電池起動時の間に加温し燃料ガスを加温・加湿するので、早期のうちに加湿燃料ガス温度を電池の定常運転時における温度に近づけて供給でき運転効率を向上することができる。

30 【0099】また、電池起動時における燃料電池50からの負荷電流の通電によりダミー抵抗76、78を介して予め加湿器68、70の貯留水を加温するので、燃料電池50の定常運転時に加湿器68、70の貯留水温度を所定温度に維持するための発熱用電源の容量の大型化を必要としない。このため、燃料電池50によれば、発熱用電源の小型化を通じた燃料電池50全体の小型軽量化やコスト低減、および燃料電池50の搭載対象物、例えば電気自動車等の軽量化を図ることができる。

40 【0100】次に、第7実施例の燃料電池50について説明する。この第7実施例の50は、上記した第6実施例の燃料電池50と、ダミー抵抗76、78の各面状発熱体の接続の仕方が異なる。つまり、図13に示すように、第7実施例の燃料電池50では、隣合う面状発熱体はそれぞれ並列に接続されて給電ラインと接続されており、各々の面状発熱体76a~76nは、電子制御装置30によりオン・オフするスイッチ77a~77nを介してスイッチ80に接続されている。よって、電子制御装置30により上記各スイッチ77a~77nが回路を開閉すると、その開閉状態により、ダミー抵抗76としての抵抗値（合成抵抗値）は、 $R$ 、 $R/2$ 、 $R/3$ …  
50  $R/n$ と変化する。

【0101】この第7実施例における燃料電池50では、第2実施例又は第3実施例における燃料電池10とほぼ同様の起動ルーチンが実行される。つまり、スイッチ80と共にオンするスイッチ77a~77nの数を順次増加させて、燃料電池50とダミー抵抗76との接続の都度の抵抗値を徐々に小さくし、抵抗値を低くした都度に燃料電池50とダミー抵抗76との接続・開放を行なって負荷電流の変動を起こす。或いは、スイッチ80をオンして燃料電池50とダミー抵抗76とを接続している間に、オンするスイッチ77a~77nの数を順次増加させてダミー抵抗76の抵抗値を徐々に小さくし、負荷電流の変動を起こす。

【0102】上記の第7実施例における燃料電池50であっても、既述した実施例と同様に、適正な出力電圧（起電力）を起動時からより短時間で得ることができると共に、加湿燃料ガスの早期昇温を通した運転効率の向上や、発熱電源および燃料電池50全体の小型軽量化やコスト低減、燃料電池搭載対象物（電気自動車等）の軽量化を図ることができる。

【0103】次に、ダミー抵抗20、40およびダミー抵抗76、78を用いない他の実施例について説明する。まず、第8実施例の燃料電池90について説明する。なお、以下の説明に当たっては、上記した各実施例の燃料電池と同一の機能又は構成を有する部材については該当する実施例と同一の符号を付してその説明を省略し、異なる構成について詳述することとする。

【0104】図14に示すように、燃料電池90は、燃料電池セルから構成されるPEFCモジュールを複数個（N個）備え、各PEFCモジュール10A~10Nを図示しない電気配線にて直列に接続して開回路を形成する。なお、図示しない外部負荷（例えば、電気自動車用の駆動モータ等）は、図示しないスイッチにより燃料電池90と接続される。

【0105】燃料電池90は、各PEFCモジュール10A~10Nに分岐して配設された水素ガス供給管52と、各PEFCモジュール10A~10Nから合流して配設された水素ガス排出管54を備える。そして、水素ガス供給管52には、圧力調整バルブ60と流量調整器64と加湿器68とが、各PEFCモジュール10A~10Nへの分岐点の上流に設けられており、分岐点下流の各分岐管路には逆止弁92がそれぞれ設けられている。一方、水素ガス排出管54側では、管路を通過するガスの圧力調整を通して管路のガス背圧を調整するアノード側背圧調整バルブ94A~94Nと逆止弁96とが、各PEFCモジュール10A~10Nの各分岐管路にPEFCモジュール側から順に設けられている。この各アノード側背圧調整バルブ94A~94Nは、各PEFCモジュールから排出される水素ガスの背圧を電子制御装置30からの制御信号に基づき変更する。なお、酸素ガスの供給管路（酸素ガス供給管56、酸素ガス排出

管58）についても、水素ガスの供給管路と同様に構成されており、酸素ガス排出管58側には、管路のガス背圧を調整するカソード側背圧調整バルブ95A~95N（図示省略）が、各PEFCモジュール10A~10Nの各分岐管路ごとに設けられている。

【0106】このほか、燃料電池90は、第1実施例の燃料電池10と同様に、電圧計24と電子制御装置30とを備えると共に、各PEFCモジュールのインピーダンスを測定するインピーダンス計98を備える。

【0107】次に、上記した構成を備える第8実施例の燃料電池90がその起動時に実施する起動制御（起動ルーチン）について、図15のフローチャートに基づき説明する。なお、この第8実施例の燃料電池90における起動ルーチンも、図示しない外部負荷起動スイッチがオンされるとそのオン信号を受けて開始される。

【0108】図15のフローチャートに示すように、この起動ルーチンでは、処理が開始されると、まず、アノード側背圧調整バルブ94Aおよびカソード側背圧調整バルブ95Aに制御信号（背圧昇圧指令）を出力して当該両バルブを昇圧調整しPEFCモジュール10Aの背圧を、アノード側およびカソード側について、定常運転時の基準背圧 $P_0$ から $\Delta P$ だけ昇圧する（ステップS500）。なお、この場合、他のアノード側背圧調整バルブ94B~94Nおよびカソード側背圧調整バルブ95A~95Nについては、基準背圧 $P_0$ のみである。続いて、PEFCモジュール10Aの背圧を昇圧してからの経過時間を計時しこれが所定の昇圧時間 $T_{UP}$ に達したか否かを判断し（ステップS505）、肯定判断されるまで待機する。これにより、PEFCモジュール10Aでは、所定の昇圧時間 $T_{UP}$ に亘ってその背圧が高くされる（ $P_0 + \Delta P$ ）。

【0109】この場合、背圧を昇圧する昇圧時間 $T_{UP}$ は、燃料電池90の備えるPEFCモジュールのモジュール数や昇圧圧力（ $\Delta P$ ）、固体高分子電解質膜の膜厚等を考慮して、例えば実験計画法等により定めればよい。

【0110】ステップS505で肯定判断すると、アノード側背圧調整バルブ94B、カソード側背圧調整バルブ95Bに制御信号（背圧昇圧指令）を出力して当該バルブを昇圧調整しPEFCモジュール10Bの背圧を、基準背圧 $P_0$ から $\Delta P$ だけ昇圧する（ステップS510）。この際、アノード側背圧調整バルブ94A、カソード側背圧調整バルブ95Aは、その調整背圧が基準背圧 $P_0$ となるよう復帰制御される。続いて、PEFCモジュール10Bの背圧を昇圧してからの経過時間を計時しこれが所定の昇圧時間 $T_{UP}$ に達したか否かを判断し（ステップS515）、肯定判断されるまで待機する。これにより、PEFCモジュール10Bでは、所定の昇圧時間 $T_{UP}$ に亘ってその背圧が高くされる（ $P_0 + \Delta P$ ）。その一方で、PEFCモジュール10Aはその背

圧が基準背圧P0に復帰されるので、PEFCモジュール10Aについては、 $\Delta P$ だけの背圧昇圧および背圧降圧（基準背圧P0への復帰降圧）が起きることになる。

【0111】従って、PEFCモジュール10Aを構成する各燃料セルについては、その背圧が昇圧されている間（ステップS505での待機期間）において、電気化学的反応の活性が高まり反応が促進される。このため、カソード側での生成水量が増加すると共に、アノード側で生成された水素イオンのアノードからカソードに向けた水和状態での固体高分子電解質膜における拡散促進を通して、固体高分子電解質膜中に水素イオンに付随して存在する水分子の数が多くなる。そして、この状態から背圧が降圧されて電気化学的反応の活性が低下して反応が抑制されるため、カソード側での水分生成と固体高分子電解質膜における水素イオンの拡散がその時点で抑制される。よって、カソード側における水分過剰とアノード側における水消費を経た水分不足が一旦緩和され、しかも、固体高分子電解質膜における水分子の自然拡散が進行し固体高分子電解質膜における水分不足や水分過多の偏在が解消に向かう。

【0112】ステップS515で肯定判断すると、PEFCモジュール10Cについてのアノード側およびカソード側の背圧昇圧（ステップS520）、所定の昇圧時間TUP待機（ステップS525）、更にPEFCモジュール10DからPEFCモジュール10Nまでの各PEFCモジュールについてのアノード側およびカソード側の背圧昇圧（ステップS530）、所定の昇圧時間TUP待機（ステップS535）を実行し、その後はステップS500からの処理を繰り返す。つまり、PEFCモジュール10A~10Nまでの各PEFCモジュールにつ

いて、順次、その背圧の昇圧および昇圧後の降圧を行なうと、再度PEFCモジュール10Aから、背圧の昇圧および昇圧後の降圧を繰り返す。

【0113】この一連の処理により、PEFCモジュール10A~10Nまでの各PEFCモジュールについてアノード側、カソード側の背圧の昇圧および降圧の繰り返しが始まることになる。よって、PEFCモジュール10A~10Nまでの各PEFCモジュールの各燃料電池セルについても、背圧の昇圧および降圧の繰り返しを通じた電気化学的反応の活性の変動を経て、既述したように固体高分子電解質膜における水分子の自然拡散が進行し、固体高分子電解質膜における水分不足や水分過多の偏在が解消に向かう。

【0114】上記したアノード側の背圧の昇圧および降圧を繰り返す一方で、この第8実施例の燃料電池90では、第1実施例の燃料電池10とほぼ同様の出力電圧監視制御が行なわれている。つまり、外部負荷起動スイッチがオンされると、電圧計24からの出力電圧の読み込みを繰り返し、読み込んだ出力電圧が適正であれば総てのアノード側背圧調整バルブ94A~94Nおよびカソ

ード側背圧調整バルブ95A~95Nを、その調整背圧が基準背圧P0となるよう復帰させる。そして、基準背圧P0に復帰してから図示しないスイッチをオンとして外部負荷と燃料電池90とを接続し、外部負荷に給電を開始する。従って、出力電圧が適正となるまで、上記したアノード側、カソード側の背圧の昇圧および降圧が繰り返されることになる。

【0115】以上説明したように第8実施例の燃料電池90では、出力電圧が適正とされるまでの間に亘って、起動時ルーチンによるアノード側、カソード側の背圧の昇圧および降圧の繰り返しを通して各PEFCモジュールの各燃料電池セルについて電気化学的反応の活性を変動させる。このため、PEFCモジュール10A~10Nまでの各PEFCモジュールについて、各燃料電池セルにおける固体高分子電解質膜の水分不足や水分過多の偏在を順次解消することができる。よって、本実施例の燃料電池90によれば、各燃料電池セルの固体高分子電解質膜を早期のうちに均一な水分分布で湿潤化させて、適正な出力電圧（起電力）を起動時から短時間で得ることができる。

【0116】ここで、PEFCモジュール10A~10Cまでの3つのPEFCモジュールを有する燃料電池90を例に採り、具体的に説明する。図16に示すように、起動時において最初に背圧の昇圧および降圧が行なわれるPEFCモジュール10Aでは、その背圧の昇圧による電気化学反応の活性の高まりに基づいて出力電圧Eの上昇が起き、その後の降圧による活性の低下に基づいて一旦出力電圧Eが低下する。このような出力電圧Eの上昇・低下は各PEFCモジュールについて時間差を持って順次繰り返し起きる。しかし、背圧の昇圧および降圧により、各燃料電池セルの固体高分子電解質膜の均一な水分分布と湿潤化は速まるので、出力低下後における出力電圧Eの上昇は加速される。なお、各PEFCモジュールについての出力電圧Eについてのグラフ中に一点鎖線で示した軌跡は、燃料電池90と外部負荷とを起動時に即座に接続する従来の燃料電池で得られる出力電圧Eのものである（最下段グラフ参照）。

【0117】このため、3つのPEFCモジュールのそれぞれにおいて勿論、燃料電池90全体としても出力電圧Eは早期のうちに適正なものとなる。換言すれば、本実施例の燃料電池90によれば、出力電圧が適正なものとなるまでの起動時間を短縮することができる。この場合には、従来の燃料電池に比べて70% ( $t1/t2$ ) の時間で適正な出力電圧を得ることができた。

【0118】しかも、3つのPEFCモジュールについて背圧の昇圧および降圧の実施タイミングがずれているので、燃料電池90としては適正な出力電圧を得るまでの電圧変動を抑制することができる。このため、燃料電池90によれば、下記のような利点がある。

【0119】一般に、出力電圧に基づいて種々の制御を

行なうシステム、例えば既述した出力電圧監視ルーチン（図3参照）のように出力電圧を常時読み込みその値に応じて何らかの処理をするシステムでは、出力電圧の不規則な変動によりその都度当該処理が実行されたり中止されたりしないよう、いわゆるヒステリシスを持たせている。つまり、制御に安全マージンを設けている。よって、燃料電池の総てのPEFCモジュールについて背圧の昇圧および降圧を同時に行なった場合には、電圧変動が大きいためにヒステリシス幅を広くして安全マージンを大きく設定しなければならない。しかし、本実施例の燃料電池90では、背圧の昇圧および降圧を各PEFCモジュールごとに順次行なって電圧変動を抑制しているので、ヒステリシス幅を狭くして安全マージンを少なくすることができる。この結果、燃料電池90では、精度の高い制御を行なうことができる。また、何らかの原因で出力電圧が不用意に急変しても、燃料電池90では、このような異常発生に対して速やかに対応することができる。

【0120】また、この第8実施例の燃料電池90では、背圧の昇圧および降圧をPEFCモジュール10A～10Nのうちの一つのPEFCモジュールについてのみで行ない、背圧の昇圧および降圧の対象となるPEFCモジュールを順次変えていく。このため、一つのPEFCモジュールについてのみしか背圧の急変によりガス流量が変化しない。よって、総てのPEFCモジュールについて同時に背圧の昇圧および降圧を行なう場合に比べてガス流量の変化を小さくすることができる。この結果、燃料電池90によれば、第1に、各PEFCモジュール下流の水素ガス排出管54、酸素ガス排出管58の分岐管路を小径のものとすることができ、第2に、当該管路を容易に保温することができる。従って、燃料電池90自体はもとより、燃料電池90が搭載される電気自動車等の軽量化を図ることができる。加えて、燃料電池90では、ガス流量の変化が小さいので、ガス排出管の排気口からの排気音変動を小さくすることができる。

【0121】次に、第9実施例の燃料電池90について説明する。この第9実施例の燃料電池90は、その起動時に行なう起動ルーチンの処理の内容が上記した第8実施例の燃料電池90と異なる。即ち、既述した背圧昇圧処理（ステップS500、510、520、530）と所定の昇圧時間TUPの経過判断処理（ステップS505、515、525、535）の一連の処理単位が次のように異なる。

【0122】図17に示すように、第9実施例の燃料電池90が行なう起動ルーチンでは、第8実施例の燃料電池90と同様に、まず、ある一つのPEFCモジュールについて背圧昇圧処理（ステップS600）と所定の昇圧時間TUPの経過判断処理（ステップS605）とを行なう。そして、ステップS605で肯定判断した場合に

なう。

【0123】つまり、ステップS605で肯定判断すれば、それまで背圧を昇圧していたある一つのPEFCモジュールについてアノード側、カソード側の背圧調整バルブによりその背圧を基準背圧P0から $\Delta P$ だけ降圧する（ステップS610）。その後、電圧計24から出力電圧を読み込み（ステップS620）、読み込んだ出力電圧に応じて残りのPEFCモジュールについて背圧を基準背圧P0から昇圧する（ステップS630）。次いで、上記ある一つのPEFCモジュールについて背圧の降圧を開始してからの経過時間を計し所定の降圧時間TDOWNに達したか否かを判断し（ステップS635）、肯定判断されるまでステップS620、630を繰り返す。そして、ステップS635で肯定判断すれば、背圧の昇圧および降圧の実行対象となるPEFCモジュールを他の一つのPEFCモジュールとし、この他の一つのPEFCモジュールについてステップS600～635までの処理を行なう。

【0124】これにより、上記ある一つのPEFCモジュールでは、所定の昇圧時間TUPに亘ってその背圧が昇圧（ $P0 + \Delta P$ ）された後、所定の降圧時間TDOWNに亘ってその背圧が降圧（ $P0 - \Delta P$ ）される。しかし、残りのPEFCモジュールでは、上記ある一つのPEFCモジュールで背圧が降圧されている所定の降圧時間TDOWNに亘っては、その背圧が昇圧され、その昇圧の程度は読み込んだ出力電圧に応じて定められる。例えば、出力電圧が高ければ昇圧程度は小さくされる。

【0125】ここで、PEFCモジュール10A～10Cまでの3つのPEFCモジュールを有する燃料電池90を例に採り、具体的に説明する。図18に示すように、PEFCモジュール10Aについては、時刻t1、t4において、背圧昇圧後の降圧が行なわれ（ステップS610）、PEFCモジュール10Bについては時刻t2、t5において、PEFCモジュール10Cについては時刻t3、t6において、背圧昇圧後の降圧がそれぞれ行なわれる。このため、ある一のPEFCモジュールについては、例えばPEFCモジュール10Aについては時刻t1、t4において出力電圧Eの一時的な低下が見られるが、残りの二つのPEFCモジュールについてはこの時刻t1、t4では、ステップS630による背圧の昇圧により出力電圧Eは上昇する。つまり、PEFCモジュール10Aでの背圧の降圧による出力電圧の低下を、残りのPEFCモジュール10B、10Cでの背圧の昇圧による出力電圧の上昇により打ち消す。なお、各PEFCモジュールについての出力電圧Eについてのグラフ中に一点鎖線で示した軌跡は、燃料電池90と外部負荷とを起動時に即座に接続する従来の燃料電池で得られる出力電圧Eのものである（最下段グラフ参照）。

【0126】このため、3つのPEFCモジュールのそ

れそれぞれにおいては勿論、燃料電池90全体としても出力電圧Eは早期のうちに適正なものとなる。換言すれば、本実施例の燃料電池90によれば、出力電圧が適正なものとなるまでの起動時間を短縮することができる。この場合には、従来の燃料電池に比べて70% ( $t1'/t2'$ ) の時間で適正な出力電圧を得ることができた。

【0127】しかも、一のPEFCモジュールでの背圧の降圧による出力電圧の低下を、残りのPEFCモジュールでの背圧の昇圧による出力電圧の昇圧により打ち消すので、燃料電池90としては適正な出力電圧を得るまでの電圧変動をより一層抑制することができる。このため、第9実施例の燃料電池90によれば、電圧変動が小さいための既述した利点(ヒステリシス幅の狭小化に伴う制御精度向上や異常発生時の速やかな対処、排気音変動の抑制等)がより顕著となる。

【0128】以上本発明の実施例について説明したが、本発明はこの様な実施例になら限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々なる態様で実施し得ることは勿論である。

【0129】例えば、第1実施例の燃料電池10では、各PEFCモジュールごとにダミー抵抗20との接続および開放を行なうよう構成したが、次のように構成することもできる。つまり、ダミー抵抗20の接続対象となる接点をPEFCモジュール10Aの+側接点とPEFCモジュール10Nの-側接点とし、PEFCモジュール10A~10Nまでの総てのPEFCモジュールについてダミー抵抗20との接続および開放を所定時間ごとに繰り返すよう構成してもよい。このように構成しても、各PEFCモジュールについて同時に負荷電流を変動させることができるので、この負荷電流の変動を通じた負荷電流の浅い・深いを経て固体高分子電解質膜の適正な湿潤化を図ることができる。よって、この場合でも、出力電圧を早期のうちに安定化することができる。

【0130】第1実施例の燃料電池10では、その起動時において出力電圧を監視する出力電圧監視ルーチンを切り換えスイッチ22を切り換え制御する起動時ルーチンとは別個のルーチンとしたが、これに限るわけではない。つまり、起動時ルーチンにおける各PEFCモジュール10Aのダミー抵抗20との接続切り換えの都度に、電圧計24からの出力電圧の読み込みとその適正判定を行ない、出力電圧が不適正であれば次のPEFCモジュールのダミー抵抗20との接続および開放を行ない、適正であればその時点でPEFCモジュールとダミー抵抗20との接続を開放し燃料電池10を外部負荷16と接続するよう構成すればよい。

【0131】第3ないし第5実施例の燃料電池10における起動時のダミー抵抗40の抵抗値減少および外部負荷16接続後の抵抗値増大(図7、図9、図10参照)を、階段状に行なうのではなく、2次関数的或いは指数関数的に変更したりすることもできる。更に、抵抗値を

変更するに当たり、燃料電池10の温度や燃料ガスの加湿状態並びにその温度等に応じてダミー抵抗40の抵抗値を変更するよう構成することもできる。また、ダミー抵抗40としては、スライド式やロータリー式等の適宜な可変抵抗を用いることができる。

【0132】第6実施例の燃料電池50では、ダミー抵抗76又はダミー抵抗78のいずれかと交互に接続するよう構成したが、次のようにすることもできる。つまり、一方のダミー抵抗、例えばダミー抵抗76については起動時から燃料電池50と接続したままとし、所定時間ごとにダミー抵抗78を追加して燃料電池50と接続するよう構成する。このように構成すれば、所定時間ごとのダミー抵抗78の追加接続の都度にダミー抵抗の抵抗値が変わるので、具体的にはダミー抵抗76単一の場合の抵抗値からダミー抵抗76とダミー抵抗78の合成抵抗値に変化するので、燃料電池50に負荷電流の変動を起こすことができる。

【0133】更に、ダミー抵抗76とダミー抵抗78とを並列としたが(図11参照)、切り換えスイッチ等を用いて両者の抵抗の接続状態を並列と直列に切り換え可能に構成することもできる。このように構成すれば、全体としての抵抗値を、一方の抵抗単独、両抵抗の直列、両抵抗の並列の3つの場合の抵抗値とすることができるので、燃料電池50に負荷電流の変動を起こすことができる。

【0134】また、第6実施例の燃料電池50において、出力電圧がある程度にまで(例えば、定格の70%)上昇した時点で、アノード側のダミー抵抗76とカソード側のダミー抵抗78とを同時に接続・開放するよう構成することもできる。

【0135】更に、第6実施例の燃料電池50において、加湿器68、70の貯留水温度が低い方についてのダミー抵抗76又はダミー抵抗78の接続頻度を、他方のダミー抵抗より高めるよう構成することもできる。このように構成すれば、電池起動時における両加湿器68、70の貯留水温度差を低くして、燃料電池50にほぼ同じ温度で加湿済みの燃料ガス(水素ガスおよび酸素ガス)を供給することができる。

【0136】第8実施例の燃料電池90では、各PEFCモジュールについての背圧の昇圧および降圧を行なう際に、基準背圧P0から $\Delta P$ だけ昇圧しその後やはり $\Delta P$ だけ降圧するよう構成したが、次のようにすることもできる。つまり、背圧を基準背圧P0から所定期間に亘り $\Delta P$ だけ昇圧( $P0 + \Delta P$ )した後は、背圧を基準背圧P0から所定期間に亘って $\Delta P$ だけ降圧( $P0 - \Delta P$ )し、その後基準背圧P0に復帰するよう構成することもできる。このように構成すれば、背圧の変動量を大きくできるため、固体高分子電解質膜のより一層の早期湿潤化を通してより早期のうちに適正な起電力を得ることができる。

31

【0137】また、第8、第9実施例の燃料電池90では、各PEFCモジュールについての背圧の昇圧および降圧の繰り返しを行なうに当たり、アノード側とカソード側について当該繰り返しを行なうよう構成したが、アノード側又はカソード側の一方についてのみ背圧の昇圧および降圧の繰り返しを行うよう構成することもできる。このように構成しても、アノード側での反応による水素イオンの膜拡散および膜中自然拡散、或いはカソード側での反応による生成水量増加および膜への自然拡散が起きるので、膜の湿潤化を通して早期のうちに適正な起電力を得ることができる。

【0138】また、第8、第9実施例の燃料電池90では、各PEFCモジュールについての背圧の昇圧および降圧の繰り返しを行なうに当たり、アノード側背圧調整バルブ94、カソード側背圧調整バルブ95を同時に駆動して背圧調整するよう構成したが、背圧調整のための駆動時期をアノード側背圧調整バルブ94とカソード側背圧調整バルブ95とずらすよう構成することもできる。このように構成しても、ある一のPEFCモジュールについて背圧の昇圧および降圧を行なう際にも、アノード側又はカソード側の背圧調整バルブが順次駆動するので、適正な出力電圧を得るまでの電圧変動をより一層抑制できる。よって、このような構成の場合でも、電圧変動が小さいための既述した利点（ヒステリシス幅の狭小化に伴う制御精度向上や異常発生時の速やかな対処、排気音変動の抑制等）がより顕著となる。

【0139】更に、第8、第9実施例の燃料電池90において、電圧計24とインピーダンス計98の出力からPEFCモジュール単位で固体高分子電解質膜の濡れ具合を判定し、固体高分子電解質膜の濡れが不足しているPEFCモジュールについての背圧の昇圧および降圧の実行頻度を、他のPEFCモジュールより高めるよう構成することもできる。このように構成すれば、電池起動時において各PEFCモジュールの固体高分子電解質膜をより均一な湿潤状態（濡れ状態）にして、燃料電池90としての起動時間を短縮することができる。

【0140】

【発明の効果】以上詳述したように請求項1に記載した燃料電池の起動装置では、電気化学的反応の活性の変動により、生成水量の増加並びに水素イオンの水和状態での固体高分子電解質膜への拡散と、固体高分子電解質膜における水分子の自然拡散の進行を図り、固体高分子電解質膜を早期のうちに均一な水分分布の湿潤状態にする。このため、請求項1に記載した燃料電池の起動装置によれば、固体高分子電解質膜にとって好適な湿潤状態への固体高分子電解質膜の円滑な移行を通して、出力電圧を早期に安定化させ、適正な出力電圧を得るまでの起動時間を短縮化することができる。

【0141】請求項2記載の燃料電池は、外部の外部負荷と並列に備えた負荷抵抗を介して負荷電流を変動さ

32

せ、これにより電気化学反応の活性の変動をもたらすことを可能とする。よって、請求項2記載の燃料電池によれば、出力電圧の早期安定化と起動時間の短縮化を図るための起動装置に適した燃料電池を提供することができる。

【0142】請求項3記載の燃料電池は、燃料ガスの供給管路のガス加湿機器に設けた負荷抵抗を発熱抵抗とすることで、この負荷抵抗の発熱を外部負荷との起動接続に先立って起こすことを可能とする。よって、請求項3記載の燃料電池によれば、出力電圧の早期安定化と起動時間の短縮化のみならず、外部負荷との起動接続に先立つガス加湿機器の昇温をも図るための起動装置に適した燃料電池を提供することができる。

【0143】請求項4記載の燃料電池の起動装置では、燃料電池の備える負荷抵抗と電極との接続および開放を外部負荷の起動接続に先立って繰り返すことで、燃料電池の負荷電流を変動させ、負荷電流の浅い・深いの繰り返しを起動接続に先立ち燃料電池に起こす。そして、請求項4記載の燃料電池の起動装置は、負荷電流の変動を通して電気化学反応の活性の変動をもたらす、固体高分子電解質膜を早期のうちに均一な水分分布の湿潤状態にする。このため、請求項4に記載した燃料電池の起動装置によっても、出力電圧を早期に安定化させ、適正な出力電圧を得るまでの起動時間を短縮化することができる。

【0144】また、請求項4記載の燃料電池の起動装置によれば、外部負荷との起動接続に先立ってガス加湿機器の負荷抵抗を発熱させ、起動接続に先立ってガス加湿機器を予め昇温することができる。

【0145】請求項5記載の燃料電池は、可変負荷抵抗の抵抗値を変えることで、燃料電池の負荷電流の浅い・深いの繰り返しにより電気化学反応の活性を変動させる際に、電気化学反応の活性の変動の程度を変更可能とする。よって、請求項5記載の燃料電池によれば、出力電圧の早期安定化と起動時間の短縮化をより推進するための起動装置に適した燃料電池を提供することができる。

【0146】請求項6記載の燃料電池の起動装置では、外部負荷との起動接続に先立つ可変負荷抵抗と電極との接続により負荷電流を流す際の負荷電流量を増大させて、燃料電池の負荷電流の深くなる程度を可変負荷抵抗との接続ごとに高める。このため、カソード側での生成水量と固体高分子電解質膜中の水分子数とを無理なく増大させて、固体高分子電解質膜をより早期のうちに均一な水分分布の湿潤状態にする。この結果、請求項6記載の燃料電池の起動装置によれば、出力電圧の早期安定化を通して起動時間をより短縮化することができる。

【0147】請求項7記載の燃料電池の起動装置では、可変負荷抵抗と電極との接続の間において可変負荷抵抗の抵抗値を漸減して負荷電流量を漸増させ、燃料電池の負荷電流の深くなる程度を徐々に高める。このため、カ

ソード側での生成水量と固体高分子電解質膜中の水分子数とを無理なく増大させて、固体高分子電解質膜をより早期のうちに均一な水分分布の湿潤状態にすることができる。また、可変負荷抵抗との接続当初に燃料電池に急激な負荷をかけることがない。この結果、請求項7記載の燃料電池の起動装置によれば、出力電圧の早期安定化を通して起動時間をより短縮化することができると共に、固体高分子電解質膜の不用意な損傷を回避することができ起動の信頼性を向上させることができる。

【0148】請求項8記載の燃料電池の起動装置では、外部負荷起動後にも、負荷電流量を可変負荷抵抗の抵抗値の漸増により漸減させつつ可変負荷抵抗を介して流す。このため、請求項8記載の燃料電池の起動装置によれば、外部負荷起動後に燃料電池に負荷電流の急変を招かないので、固体高分子電解質膜の不用意な損傷を回避することができ起動の信頼性を向上させることができる。

【0149】請求項9記載の燃料電池の起動装置では、燃料ガスの供給圧力を起動接続に先立って変動させることで、燃料電池の電気化学的反応の活性を変動させる。この結果、請求項9記載の燃料電池の起動装置によっても、出力電圧を早期に安定化させ、適正な出力電圧を得るまでの起動時間を短縮化することができる。

【0150】請求項10記載の燃料電池の起動装置では、燃料ガスの排出ガス圧力の昇圧および降圧を起動接続に先立って繰り返すだけで、燃料電池の電気化学的反応の活性を変動させる。この結果、請求項10記載の燃料電池の起動装置によっても、出力電圧を早期に安定化させ、適正な出力電圧を得るまでの起動時間を短縮化することができる。しかも、排出ガス圧力の昇圧および降圧は供給圧力を直接変動させることよりも簡単であるので、請求項10記載の燃料電池の起動装置によれば、簡単な構成で、出力電圧の早期安定化と起動時間の短縮化を図ることができる。

【0151】請求項11記載の燃料電池の起動装置では、外部負荷との起動接続に先立つ負荷電流の変動、又は燃料ガスの供給圧力の変動若しくは排出ガス圧力の昇圧および降圧の繰り返しを通じた電気化学的反応の活性の変動を、燃料電池セルの集合体ごとに行なう。このため、燃料電池セルの集合体ごとに、起動接続に先立って固体高分子電解質膜を好適な湿潤状態に円滑に移行させる。この結果、請求項11記載の燃料電池の起動装置によれば、燃料電池セルの集合体ごとの出力電圧の早期安定化を通して、燃料電池全体としての出力電圧をも早期のうちに安定化させ、起動時間の短縮化を図ることができる。

【0152】請求項12記載の燃料電池の起動装置では、負荷電流の変動を燃料電池セルの集合体ごとを起こすための負荷抵抗との接続を、燃料電池セルの集合体ごとに図ればよい。よって、請求項12記載の燃料電池の

起動装置によれば、負荷電流の変動を通じた出力電圧の早期安定化等を図るために使用する負荷抵抗を、抵抗値が小さくて小型の単一の負荷抵抗とすることができる。また、請求項12記載の燃料電池の起動装置によれば、用いる負荷抵抗が小型で単一であるので、燃料電池を大型とすることなく出力電圧の早期安定化、延いては起動時間の短縮化を図ることができる。

【0153】請求項13記載の燃料電池の起動装置では、起動接続に先立って一の燃料電池セルの集合体について排出ガス圧力を降圧するときには、他の燃料電池セルの集合体については排出ガス圧力を昇圧させる。このため、一の燃料電池セルの集合体について降圧により燃料電池の電気化学的反応の活性が低くされているときには、他の燃料電池セルの集合体については昇圧により燃料電池の電気化学的反応の活性を高くして、活性の低下による出力電圧の低下を打ち消す。この結果、請求項13記載の燃料電池の起動装置によれば、燃料電池全体としての出力電圧をより一層早期に安定化させると共に、出力電圧を円滑に上昇させて電圧変動を回避し電圧変動に起因する不具合を招かない。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施例の燃料電池10を示すブロック図。

【図2】第1実施例の燃料電池10がその起動時に行なう起動ルーチンを示すフローチャート。

【図3】第1実施例の燃料電池10がその起動時に行なう出力電圧監視ルーチンを示すフローチャート。

【図4】第2実施例における燃料電池で使用するダミー抵抗40の構成を説明するための説明図。

【図5】第2実施例の燃料電池10がその起動時に行なう起動ルーチンを示すフローチャート。

【図6】第2実施例における起動ルーチンにより各PEFCモジュールでの負荷電流の変化の様子を説明する説明図。

【図7】第3実施例における起動ルーチンにより各PEFCモジュールでの負荷電流の変化の様子を説明する説明図。

【図8】第4実施例の燃料電池10が外部負荷16との接続時に行なう負荷電流収束ルーチンを示すフローチャート。

【図9】第4実施例の燃料電池10におけるPEFCモジュールについての負荷電流の変化の様子を起動時から負荷電流収束ルーチンにより収束するまでに亘って表わした説明図。

【図10】第5実施例の燃料電池10におけるPEFCモジュールについての負荷電流の変化の様子を起動時から負荷電流収束ルーチンにより収束するまでに亘って表わした説明図。

【図11】第6実施例の燃料電池50を中心とした構成を示すブロック図。

【図12】第6実施例の燃料電池50において加湿器6

8に装着したダミー抵抗76の構成を示す加湿器68の概略斜視図。

【図13】第7実施例の燃料電池50において加湿器68に装着したダミー抵抗76の構成を示す加湿器68の概略斜視図。

【図14】第8実施例の燃料電池90を示すブロック図。

【図15】第8実施例の燃料電池90がその起動時に行なう起動ルーチンを示すフローチャート。

【図16】第8実施例の燃料電池90における起動ルーチンを実行した際に得られる出力電圧の様子を示すグラフ。

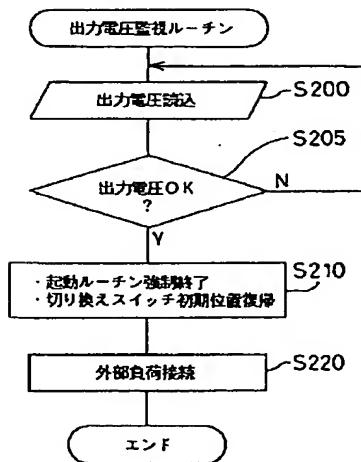
【図17】第9実施例の燃料電池90がその起動時に行なう起動ルーチンを示すフローチャート。

【図18】第9実施例の燃料電池90における起動ルーチンを実行した際に得られる出力電圧の様子を示すグラフ。

【符号の説明】

- 10…燃料電池
- 10A~10N…PEFCモジュール
- 16…外部負荷
- 18…スイッチ
- 20…ダミー抵抗
- 22…切り換えスイッチ
- 24…電圧計

【図3】



\* 30…電子制御装置

40…ダミー抵抗

41a~41n…抵抗(抵抗値R)

42a~42n…スイッチ

50…燃料電池

52…水素ガス供給管

54…水素ガス排出管

56…酸素ガス供給管

58…酸素ガス排出管

10 60, 62…圧力調整バルブ

64, 66…流量調整器

68, 70…加湿器

68a…容器本体

72, 74…背圧調整バルブ

76, 78…ダミー抵抗

76a~76n…面状発熱体

77a~77n…スイッチ

78a~78n…面状発熱体

80, 82…スイッチ

20 90…燃料電池

94…アノード側背圧調整バルブ

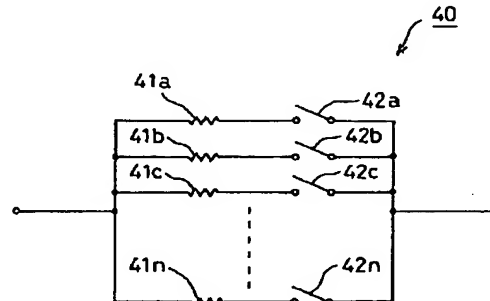
94A~94N…アノード側背圧調整バルブ

95…カソード側背圧調整バルブ

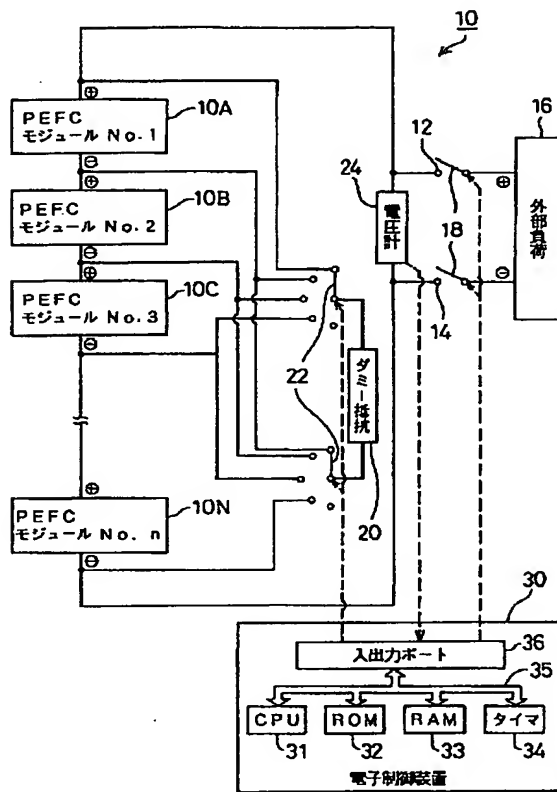
95A~95N…カソード側背圧調整バルブ

\* 98…インピーダンス計

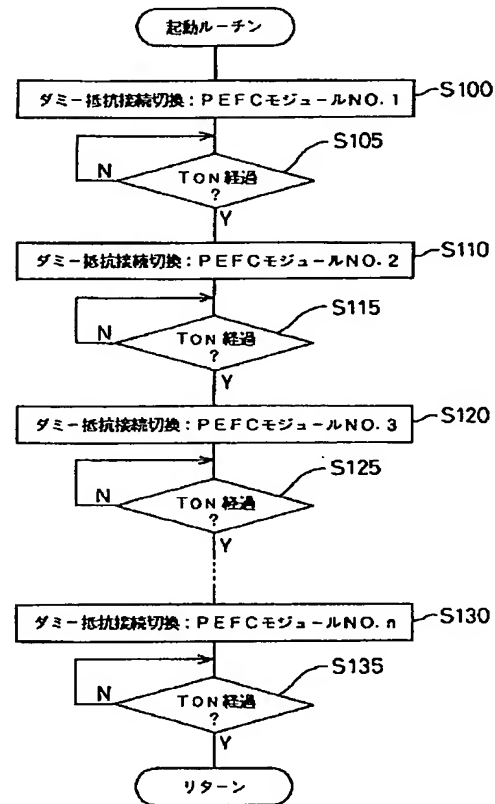
【図4】



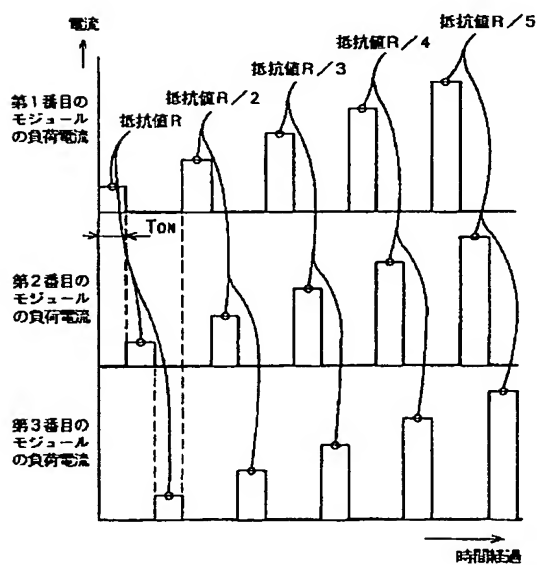
【図1】



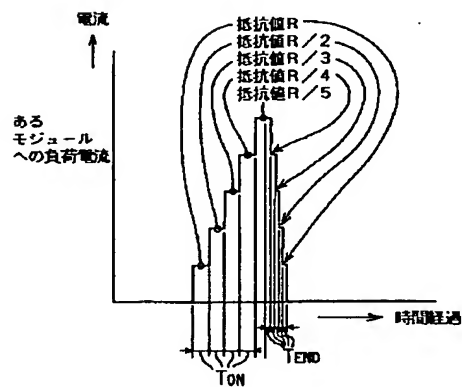
【図2】



【図6】

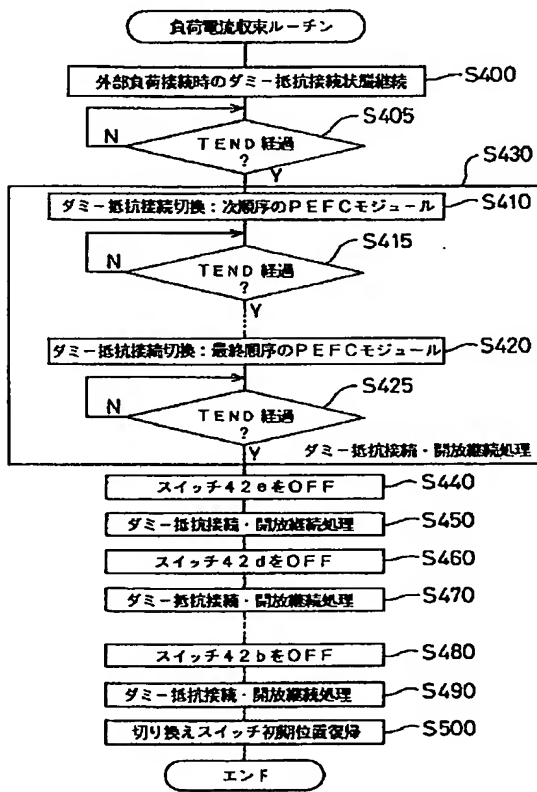


【図9】

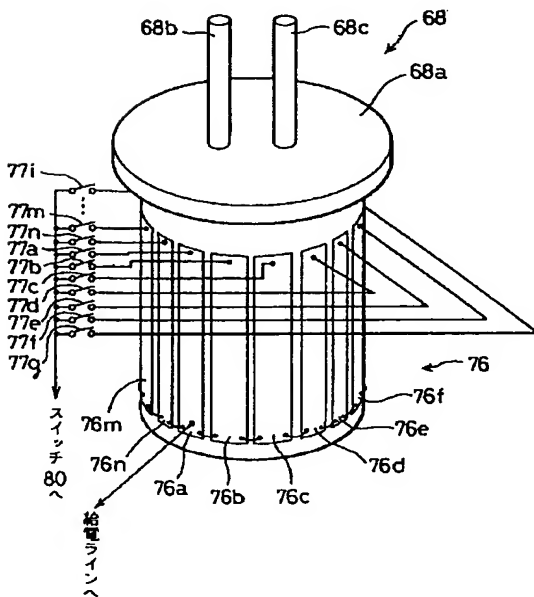




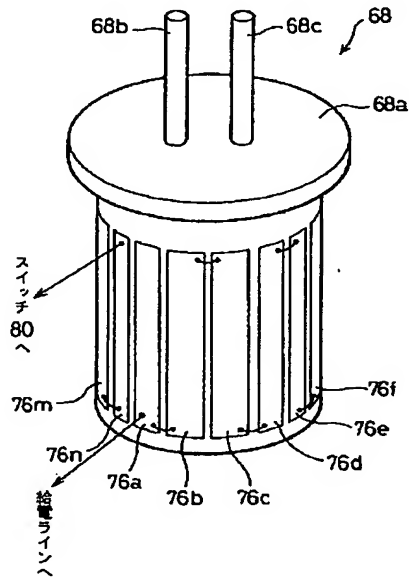
【図8】



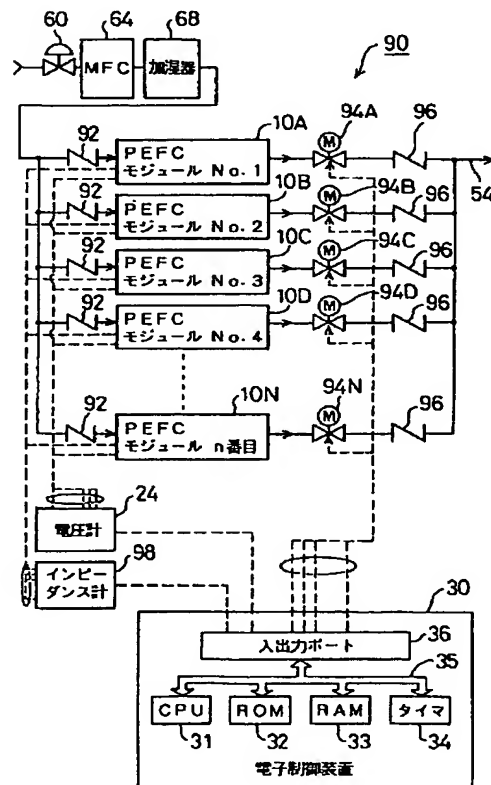
【図13】



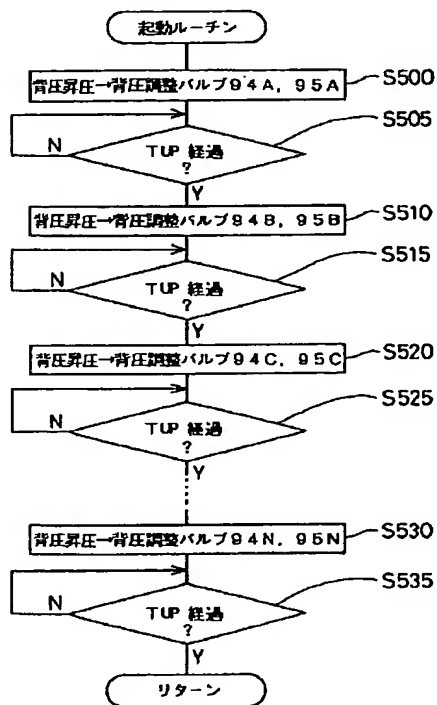
【図12】



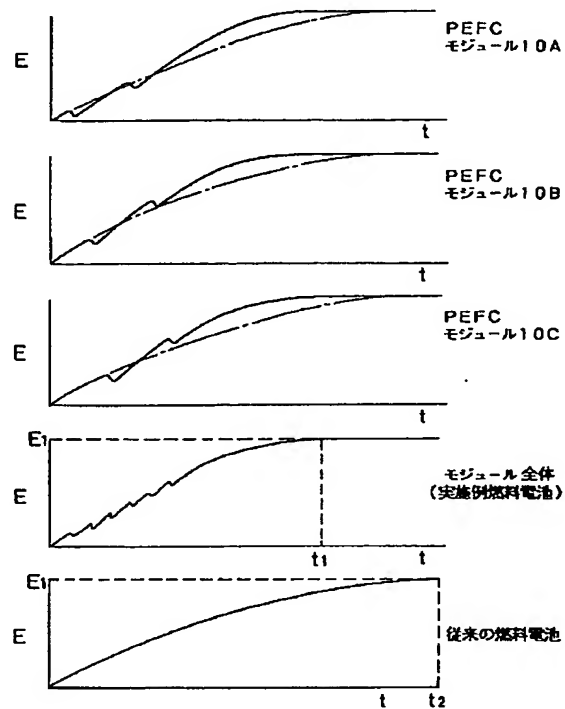
【図14】



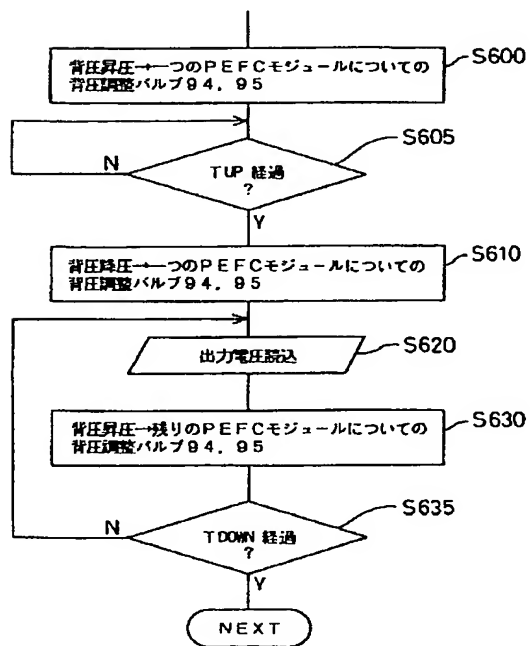
【図15】



【図16】



【図17】



【図18】

